التلوث البيئى

والمخاطر الوراثية والبيولوجية

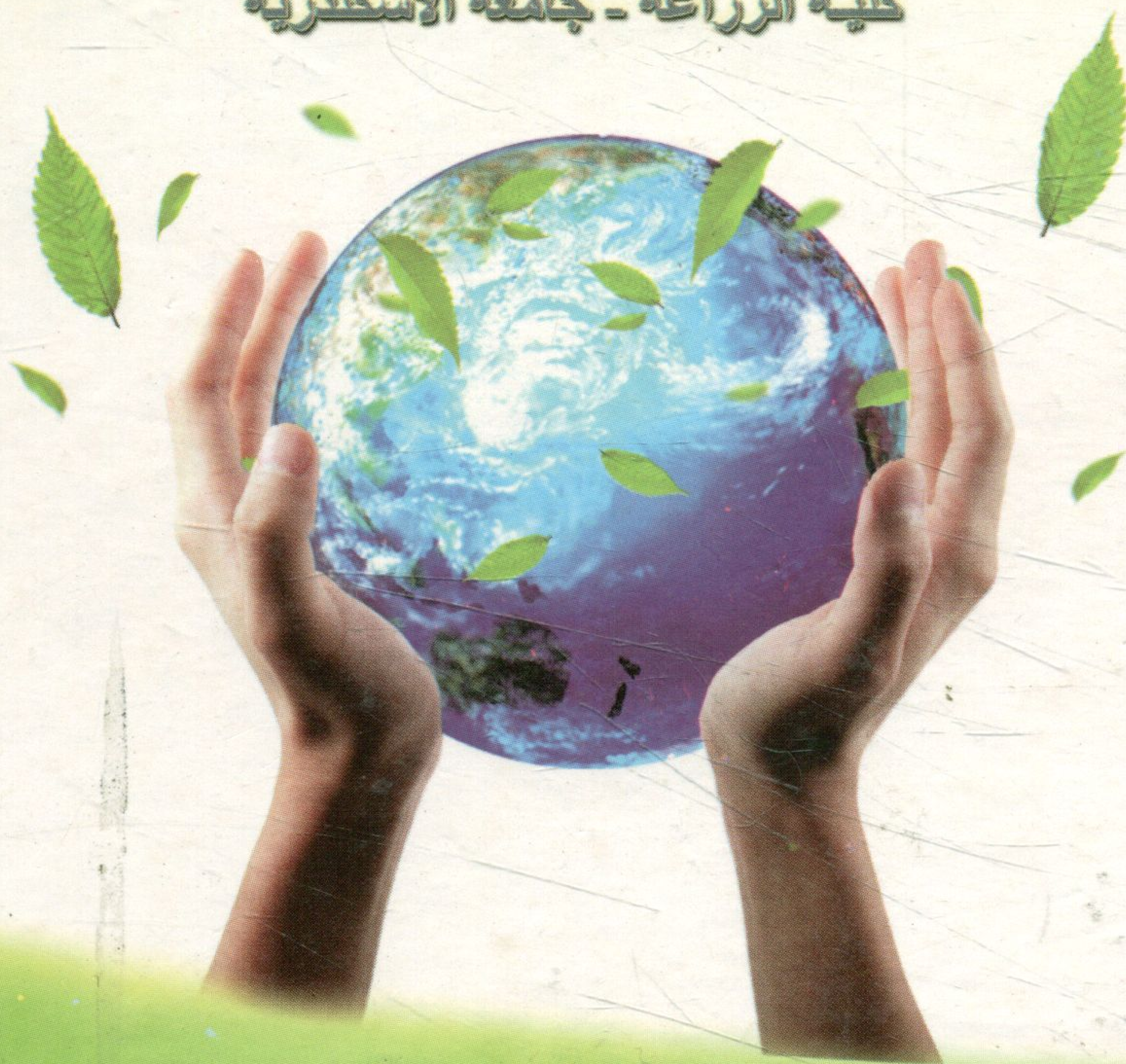


الأستاذ الدكتور

عادل محمد المصرى

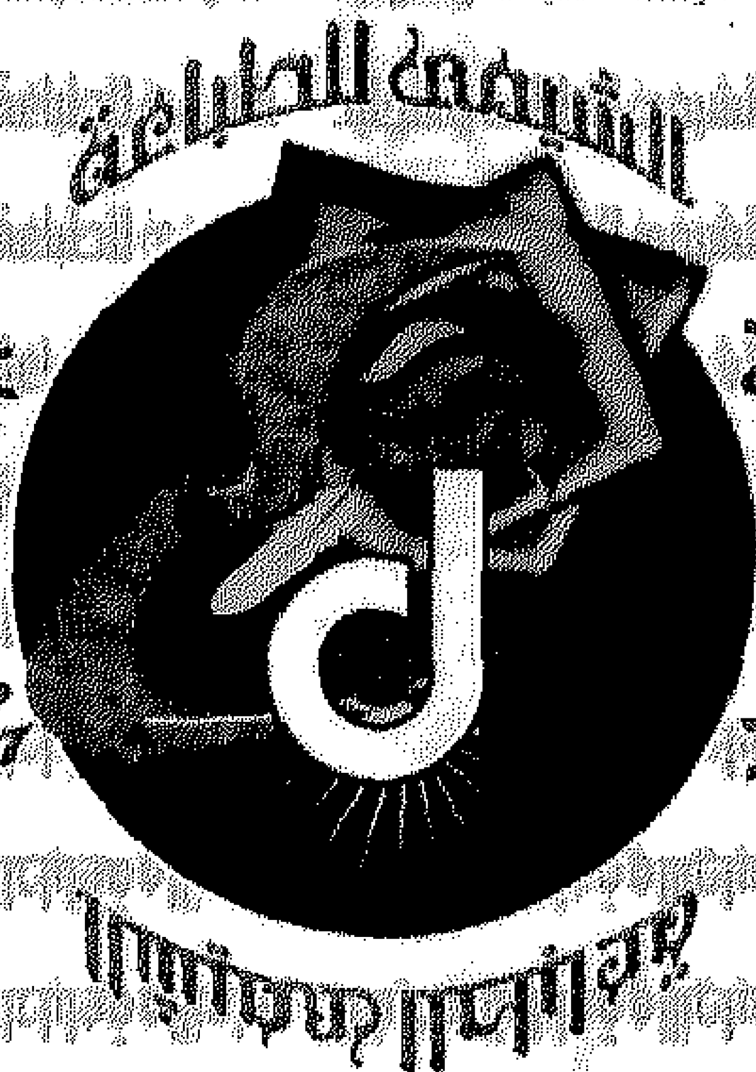
أستاذ الوراثة

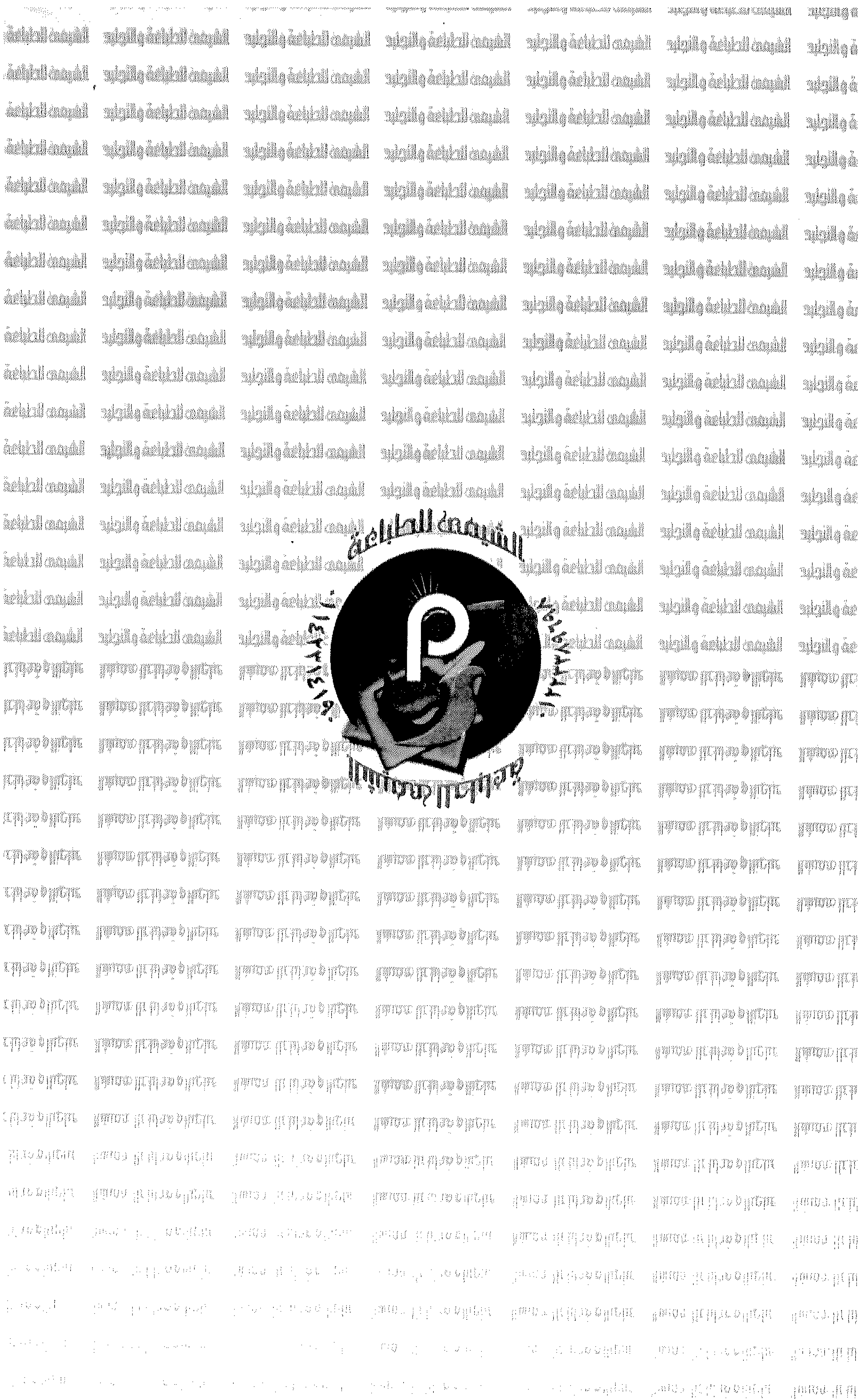
كلية الزراعة - جامعة الأسكندرية








الشريف للطباعة


الشيماء للطباعة والتجليد

التلوث البيئي

و المخاطر الوراثية والبيولوجية

الأستاذ الدكتور

عادل محمد المصرى

أستاذ الوراثة

كلية الزراعة – جامعة الإسكندرية





اسم الكتاب: التلوث البيئي و المخاطر الوراثية والبيولوجية

المؤلف أ د/   عادل محمد المصرى

2015

رقم الايداع : ٢٨٠٧ / ٢٠١٤

الترقيم الدولى ٨ - ١٩٥-٣٩٣- ٩٧٧- ٩٧٨

الفهرسة: : التلوث البيئي و المخاطر الوراثية والبيولوجية ،المصرى ،عادل محمد

بستان المعرفة 2015

ص ١٧,٥ * ٢٥

تدمك ٨ـ ١٩٥ -٣٩٣- ٩٧٧- ٩٧٨

أ-   العنوان:

ديونى :

الناشر

مكتبة بستان المعرفة

ج.م.ع - كفر الدوار - الحدائق -

ش سور المصنع أمام أبراج الحلوانى

☎: ٠٤٥/٢٢٠٢٦٢٩ & الإسكندرية ٠١٢٢١١٥١٢٣٧

E-mail: bostan_elma3rafa@yahoo.com

الطباعة و التجهيزات الفنية:

مطبعة الباشا لطباعة   الإسكندرية

مقدمة

يمثل التلوث البيئي بكل صوره وأشكاله أكبر التحديات للإنسان في العصر الحالي ولاشك أن التلوث هو من صنع الإنسان نفسه. إن الإنسان هو السبب الرئيسي والأساسي في إحداث عملية التلوث في البيئة وظهور جميع الملوثات بأنواعها المختلفة. فالتلوث هو إحداث تغير في البيئة التي تحيط بالكائنات الحية بفعل الإنسان وأنشطته اليومية مما يؤدى إلي ظهور بعض الموارد التي لا تتلائم مع المكان الذى يعيش فيه الكائن الحي ويؤدى إلي الإضرار به. وخلال العقود الأربعة الماضية تزايد آثار التلوث الصناعي على البيئة على نحو ينذر بإختفاء بعض الحياة النباتية والحيوانية على وجه الأرض ، كما يهدد بدرجة خطيرة – رفاهية الإنسان وحياته ذاتها.

إن ظاهرة التلوث البيئي هى الظاهرة القديمة الحديثة ، والتي بدأ اتساع نشاطها بعد الثورة الصناعية لما نجم عن المصانع من نفايات سائلة وصلبة وغازية وسامة أثرت على سلامة العناصر الطبيعية الضرورية للحياة من ماء وهواء وتربة ونبات وانعكست على الحياة البشرية وموارد الطبيعية عقب هذا التطور وشكلت أمراضاً متعددة للإنسان وتختلف خطورتها بحسب نوعية التلوث وحجم الضرر الذي يسببه.

لقد أصبحت مشكلة تلوث البيئة خطرا يهدد الجنس البشرى بل يهدد حياة كل الكائنات الحية من الحيوانات والنباتات بأضرارا بالغة قد تصل إلى زوال البعض منها من على سطح الأرض. ولقد برزت هذه المشكلة نتيجة للتقدم التكنولوجي والصناعي والحضاري للإنسان. ويشمل تلوث البيئة كلا من البر والبحر وطبقة الهواء التي فوقها. فأصبحت الكرة الأرضية اليوم مشغولة بهمومها وأصبح كوكبنا مشوها. فالدفيء ألهب ظهورنا وتغيرات المناخ تهدد جوها ، والمبيدات أفسدت أرضها، والصناعات مزقت أوزانها والقطع الجائر للأشجار نحر غابتها ، وهدد

حيواناتها ، والسكان لوثوا مياهها. وهكذا بات كوكبنا محتاجا إلي كوكب آخر لكي نبدأ فيه وننشيء حضارة جديدة نظيفة. ولقد صدق من قال إن الإنسان بدأ حياته على الأرض وهو يحاول أن يحمى نفسه من غوائل الطبيعية وانتهى به الأمر بعد آلاف السنين وهو يحاول أن يحمى الطبيعة من نفسه.

ومن أجل وضع نهاية للتلوث ، أو التقليل منه إلى حد كبير يتوجب العمل على منع أو التقليل من مسببات التلوث وتوعية كل فرد فى المجتمع بأخطار التلوث البيئى وتشجيعة بمقاومة هذا التلوث بكافة الوسائل والطرق. إن مكافحة التلوث تعتمد على جهود الحكومات والعلماء والمؤسسات والمصانع والزراعة والمنظمات البيئية والأفراد بحيث تكون جهود صادقة ومؤثرة.

وللشعور بشدة إحتياج المكتبة العربية لمثل هذا المرجع باللغة العربية فقد وضع المؤلف هذا الكتاب فى " التلوث البيئى ومخاطره الوراثية والبيولوجية " لكل الباحثين المهتمين بدراسة هذا الموضوع. والمؤلف يرجو من الله عز وجل أن يتحقق به الفائدة المرجوة وأن يكون إضافة متواضعة للمكتبة العربية.

والله ولى التوفيق ؟

المؤلف

المحتويات

الموضوع | الصفحة

الباب الأول

البيئة والتلوث

الباب الثانى

تلوث التربة

الموضوع	الصفحة

الموضوع | الصفحة

الباب السادس

الطفرات والمخاطر الوراثية

الباب السابع

المخاطر الوراثية للتلوث البيئى

الموضوع	الصفحة

الباب الثامن

التلوث البيئى
واختلال التوازن البيولوجى البيئى

الباب التاسع

طرق الحماية من التلوث البيئى

الباب الأول

البيئة والتلوث البيئى

أولا: البيئة وعلاقتها بالإنسان

يعتقد أن منظومتنا الشمسية تكونت عندما إنهارت غيمة من النجوم مظلمة وباردة متحولة على قرص مدمج من غاز وغبار متقد. وتكونت الأرض بعد زمن ليس طويل من تكون الشمس. لقد دلت القياسات الإشعاعية لصخور الأرض أن عمر هذه الأرض بحدود من 4.5 إلى 5 بليون سنة. أخذت الأرض بالتشكل من سحابة دوامة إعصارية من الغاز والغبار والكويكبات كانت تحيط بالنجم الجديد. وخلال حوالى 700 مليون سنة تلت إستقرت السحابة فى نظام شمسى أكثر هدوءاً وبدأ الكوكب الثالث فى المجموعة الشمسية فى التصلب. ويعتقد العديد من العلماء أن الأرض كانت عند نشأتها حارة وجافة ومجدبة. ومن المعروف الآن أن الحطام الفضائى قام بقصف كوكب الأرض الحديث النشأة بإشعاعات فوق بنفسجية وإشعاعات ذرية وإشعاعات حرارية بكثافة ملحوظة تكافئ فى قوتها ما ينجم عن تفجير عدد لا يحصى من القنابل الذرية. وقد لا يكون القمر سوى قطعة من الأرض إنفصلت عنها لدى إصطدامها بجرم فضائى يكافئ فى حجمة كوكب المريخ. وكانت الإصطدامات التى من هذا النوع شائعة حتى ما يقارب الأربعة بلايين سنة الماضية. وقد أجهضت هذه الإصطدامات بالتاكيد أى فرصة لظهور بذرة الحياة قبل ذلك التاريخ.

لقد كانت الأرض في بداياتها عملاقاً ملتهباً مغلفة بالصخور الملتهبة ، وهناك ملايين النيازك التي تصطدم بسطحها كل يوم. لقد كانت هذه الإصطدامات بمثابة مطرقة تدق وتسوّى هذه الأرض حتى أخذت شكلها الكروى. ثم بدأت هذه الأرض بالتبرد شيئاً فشيئاً ، وبدأ بخار الماء بالتكثف حولها في الغلاف الجوى.

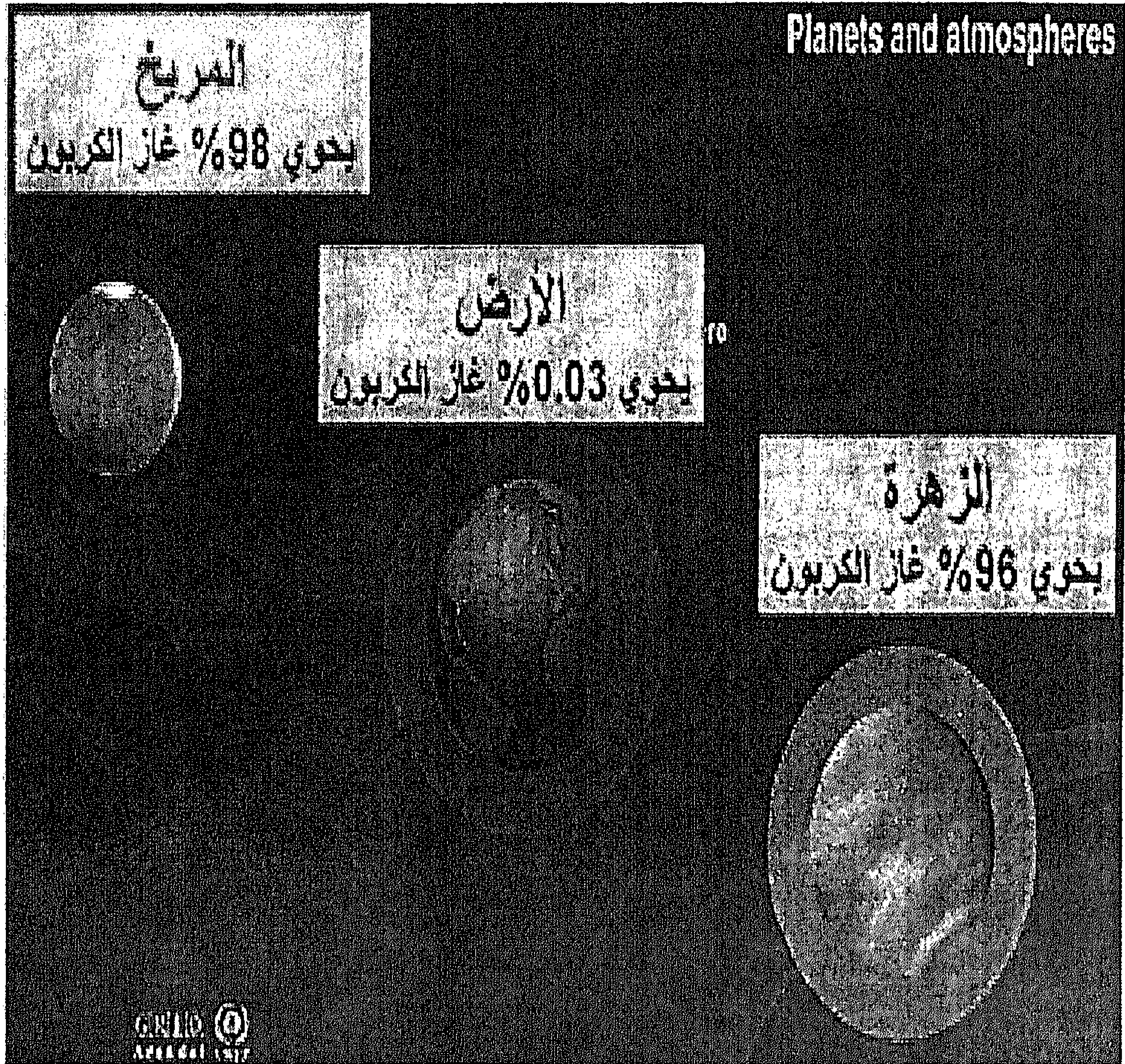
وبدأت الغيوم بالتشكل والأمطار بالتساقط بغزارة مما أدى إلى تبريد الأرض ونشوء البحار التي غلّفت الأرض بالكامل. ثم بدأت القشرة الأرضية بالتشكل وبدأت التشققات تظهر على هذه القشرة فشكلت ما يسمى بالألواح الأرضية. وبدأت هذه الألواح بالحركة والتصادم فيما بينها لتتشكل الجبال وتنشأ الأنهار. ويظن العلماء أن الحياة بدأت على هذه الأرض قبل 3 بليون سنة. ويقول العلماء أنه حدث إنقراض مفاجئ للعديد من أنواع الكائنات الحية مثل الديناصورات التي إنقرضت قبل 65 مليون سنة ، بعد أن أفسدت في الأرض وقامت المذابح وسفكت دماء بعضها ، فنزل نيزك ضخم إخترق الغلاف الجوي للأرض وسبب الحرائق والدمار والتلوث فهلك هذا النوع من المخلوقات بالكامل.

إن العلماء عندما درسوا تاريخ الأرض وجدوا أن الأرض في بدايات خلقها كانت ملوثة بالغازات السامة بشكل كبير ، ولم يكن الأوكسجين قد وجد بعد ، بل كان الغلاف الجوى عبارة عن غازات سامة وبخار ماء. ثم وعبر ملايين السنين ونتيجة عمليات فيزيائية معينة تم تنقية جو الأرض من هذه الغازات وامتلأ بالهواء النقي ، وهكذا أصبحت الأرض صالحة للحياة على ظهرها.

ويخبرنا العلماء بأن كمية غاز الكربون وغاز الميثان كانت أكبر بمئات المرات مما هي عليه اليوم ، أي كان هناك فساد في جو الأرض وأصلحه الله من خلال خلق النباتات التي إمتصت هذا الغاز لصنع غذائها ، ومن خلال ذوبان جزء هذا الغاز السام في المحيطات. وفى نفس الوقت خلق الله كميات هائلة من البكتيريا التي تنتج الأوكسجين بكميات كبيرة ، واستمرت هذه العملية ملايين السنين وكانت البكتيريا والنباتات بمثابة أجهزة لتنقية جو الأرض.

لقد كان غاز الكربون السام في عصر من العصور يغطي الأرض بشكل كثيف ولكن أصبحت نسبته اليوم فى حدود 0.035% أى في كل مئة ألف جرام هواء يوجد 35 جرام من غاز الكربون.

ولو تأملنا بقية كواكب المجموعة الشمسية نلاحظ أن جوها فاسد وغير صالح للحياة. فعلى سبيل المثال تبلغ نسبة غاز الكربون على سطح المريخ 96% أما على سطح كوكب الزهرة فتبلغ نسبة هذا الغاز أكثر من 98% وهذا بالمقارنة بنسبة غاز الكربون المنخفضة جداً على سطح الأرض والتى كانت فى حدود 0.035% وذلك كما هو موضح فى الشكل (١-١).



شكل ١-١: رسم توضيحى يبين نسبة غاز الكربون على كوكب الأرض والزهرة والمريخ.

ويؤكد العلماء في بحث أجروه في جامعة شيكاغو أن غاز الكربون يعمل على تنظيم درجة الحرارة على سطح الأرض ، وأن أى تغيير في نسبة هذا الغاز سوف يسبب الكوارث والأعاصير.

وكما ذكرنا سابقا أن العلماء ذكروا أن نسبة غاز الكربون كانت تزيد على ما هي عليه اليوم مئات المرات ، ثم حدثت عمليات فيزيائية وحيوية معقدة نتج عنها الغلاف الجوي النقى ، ولكن الدراسات الحديثة تشير إلى إزدياد نسبة غاز الكربون من جديد وتنذر بالخطر والكوارث الطبيعية.

لقد وجد أن نسبة الأوكسجين في جو الأرض هى فى حدود 21% وأن هذه النسبة هي المناسبة لإستمرار الحياة على سطح الأرض. ويقول الباحثون إذا كانت نسبة الأوكسجين في الغلاف الجوى أقل من 15% فإن النار لن تشتعل ، لأن كمية الأوكسجين لن تكون كافية لإتمام التفاعل. وإذا كانت كمية الأوكسجين أكبر من 25% سوف يحترق كل شيء على الأرض من دون شرارة فقط بسبب حرارة الشمس.

والشيء الغريب الذي يتعجب منه العلماء هو أن الكائنات الدقيقة على الأرض إذا تعرضت لأشعة الشمس مباشرة فإنها تموت على الفور ، ولكن لأن الغلاف الجوى مزوَّد بطبقة من غاز الأوزون هذه الطبقة تمتص الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس. ولولا طبقة الأوزون هذه لماتت المخلوقات على الأرض منذ زمن ، بل لم يكن ممكناً للحياة أن تنشأ أبداً.

ويمكن معرفة نسبة الأوكسجين أو الكربون في جو الأرض قبل ملايين السنين من معرفة وتقدير كمية الإشعاع المتبقية فى بعض العناصر أو الذرات أو الفقاقيع المحتوية على إشعاع. لقد وجد العلماء أثناء أخذهم عينات من الجليد في جبال الألب مثلاً ، أن هذا الجليد يحتوى فقاعات من الغاز. وبعد دراسة هذه الفقاعات وما تحتويه من عناصر تدعى النظائر المشعة ، فإنهم يستطيعون من

خلال كمية الإشعاع المتبقية في هذه العناصر أن يحسبوا عمر هــذه الفقاعــات ، وكيف كان الجو السائد في ذلك الزمن.

من المعروف أن البيئة الطبيعية هي كل ما يحيط بالإنسان مــن مكونــات سطح الأرض من جبال وهضاب وسهول ووديان وصــخور وتربــة وعناصــر المناخ المختلفة من حرارة وضغط ورياح وأمطار وأحياء مختلفة إلي موارد المياه العذبة والمالحة. هذه البيئة وجدت بمعطيات أو مكونــات ذات مقــادير محــددة وبصفات وخصائص معينة ، بحيث تكفل لها هذه المقادير وهذه الخصائص القدرة على توفير سبل الحياة الملائمة للإنسان وباقى الكائنات الحيــة الأخــرى التــى تشاركه الحياة على الأرض.

إن البيئة الطبيعية في حالتها العادية دون تدخل مدمر أو مخرب من جانــب الإنسان تكون متوازية على أساس أن كل عنصر من عناصر البيئة الطبيعية قــد خلق بصفات محددة وبحجم معين بما يكفل للبيئــة توازنهــا. لقــد خلــق الله آدم واستخلفه في الأرض ليعمرها وهيأ له بيئة نظيفة خالية من التلوث ولكن أبناء آدم على مر العصور لوثوا البيئة المحيطة بهم عن قصد أو عن غير قصد. فمنــذ أن عرف أبناء آدم النار إستخدموها لأغراضهم مثل الطهي وصهر المعادن والإنارة والتدفئة وحرق الغابات وما إلى ذلك حيث بدأت البيئة المحيطة بهم تتلوث ولكــن هذا التلوث كان محدوداً لا يتعد المحيط الذي يعيشون فيه وسرعان ما تنقى البيئة ذاتها. ومع التطور الصناعى والمدنية بدأ التلوث البيئى يشكل خطرا على صــحة الإنسان وحياته. وخلال الفترة منذ عام 1960 بدأ الإنتباه لظاهرة تلوث البيئة يأخذ طريقاً جدياً وذلك لوجود أدلة تشير إلى أن تلوث البيئة بدأ يأخذ شكلاً حرجاً يهدد جميع الكائنات على سطح الكرة الأرضية.

وحتى يمكن أن نفهم تلوث البيئة وماذا تعنى مشاكل تلوث البيئة ينبغــى أن نلقي نظرة على علم البيئة Ecology وهو العلم الذي يــدرس الكائنــات الحيــة وعلاقتها بالبيئة المحيطة بهم. وعلم البيئة علم قديم ولكنه لم يظهر للعيان إلا فــى

القرن التاسع عشر. وفي النصف الأخير من القرن العشرين تطور هذا العلم بشكل سريع ومفاجئ.

وقد ترجمت كلمة Ecology إلى اللغة العربية بعبارة " علم البيئة " التى وضعها العالم الألماني إرنست هيكل Ernest Haeckel عام 1866 بعد دمج كلمتين يونانيتين هما Oikes ومعناها مسكن و Logos ومعناها علم وعرفها بأنها " العلم الذي يدرس علاقة الكائنات الحية بالوسط الذي تعيش فيه ". ويهتم هذا العلم بالكائنات الحية وتغذيتها وطرق معيشتها وتواجدها في مجتمعات أو تجمعات سكنية أو شعوب. كما يتضمن هذا العلم أيضاً دراسة العوامل غير الحية مثل خصائص المناخ (الحرارة ، الرطوبة ، الإشعاعات ، غازات المياه والهواء) والخصائص الفيزيائية والكيميائية للأرض والماء والهواء.

ولفظ البيئة كلمة شائعة الإستخدام يرتبط مدلولها بنمط العلاقة بينها وبين مستخدمها فنقول البيئة الإجتماعية ، والبيئة الثقافية ، والبيئة الزرعية ، والبيئة الصناعية ، والبيئة الصحية ، والبيئة السياسية وهكذا. ويعنى ذلك علاقة النشاطات البشرية المتعلقة بهذه المجالات.

وعلى ذلك فالبيئة هي الوسط المحيط بالإنسان والذي يشمل كافة الجوانب المادية وغير المادية , البشرية منهما وغير البشرية. فالبيئة تعنى كل ما هو خارج عن الإنسان وعن كيانه ، وكل ما يحيط به من موجودات. والبيئة في أبسط تعريف لها هي ذلك الحيز الذي يمارس فيه البشر مختلف أنشطة حياتهم. ويشمل هذا الإطار كافة الكائنات الحية من حيوان ونبات والتي يتعايش معها الإنسان الذى يأكل النبات والحيوان ويستفيد من كل منهما. وهكذا تستمر علاقة الإنسان بالبيئة المحيطة به من نبات وحيوان وموارد وثروات.

ثانيا: عناصر البيئة

يمكن تقسيم البيئة وفق توصيات مؤتمر ستوكهولم إلى ثلاثة عناصر هي :-

أ- البيئة الطبيعية

وتتكون من أربعة نظم وثيقة الترابط هي الغلاف الجوى والغلاف المائى واليابسة والمحيط الجوى بما تشمله هذه الأنظمة من ماء وهواء وتربة ومعادن ومصادر للطاقة بالإضافة إلى النباتات والحيوانات. هذه النظم والأنظمة جميعها تمثل الموارد التى أتيحت للإنسان كي يحصل منها على مقومات حياته من مأوى وغذاء وكساء ودواء.

ب- البيئة البيولوجية

وتشمل الإنسان " الفرد " وأسرته ومجتمعه ، وكذلك الكائنات الحية فى المحيط الحيوى. وتعد البيئة البيولوجية جزءاً من البيئة الطبيعية.

جـ - البيئة الإجتماعية

البيئة الإجتماعية هى الإطار من العلاقات الذي يحدد ماهية علاقة حياة الإنسان مع غيره. هذا الإطار من العلاقات هو الأساس في تنظيم أي جماعة من الجماعات سواء بين أفرادها بعضهم ببعض في بيئة ما ، أو بين جماعات متباينة أو متشابهة معاً وحضارة في بيئات متباعدة. وتؤلف أنماط تلك العلاقات ما يعرف بالنظم الإجتماعية.

ولقد إستحدث الإنسان خلال رحلة حياته الطويلة بيئة حضارية لكي تساعده في حياته فعمّر الأرض واخترق الأجواء لغزو الفضاء. وعناصر البيئة الحضارية للإنسان تتحدد في جانبين رئيسيين هما :-

أولاً: الجانب المادي وهو كل ما إستطاع الإنسان أن يصنعه كالمسكن والملبس ووسائل النقل والأدوات والأجهزة التي يستخدمها في حياته اليومية.

ثانياً: الجانب الغير مادي وهو يشمل عقائد الإنسان وعاداته وتقاليده وأفكاره وثقافته وكل ما تنطوى عليه نفس الإنسان من قيم وآداب وعلوم تلقائية كانت أم مكتسبة.

وإذا كانت البيئة هي الإطار الذي يعيش فيه الإنسان ويحصل منه على مقومات حياته من غذاء وكساء ويمارس فيه علاقاته مع أقرانه من بني البشر، فإن أول ما يجب على الإنسان تحقيقه حفاظاً على هذه الحياة أن يفهم البيئة فهماً صحيحاً بكل عناصرها ومقوماتها وتفاعلاتها المتبادلة. كما يجب عليه أن يقوم بعمل جماعى جاد لحمايتها وتحسينها وأن يسعى للحصول على رزقه وأن يمارس علاقاته دون إتلاف أو إفساد.

ويتفق العلماء في الوقت الحاضر على أن مفهوم البيئة يشمل جميع الظروف والعوامل الخارجية التي تعيش فيها الكائنات الحية وتؤثر في العمليات التي تقوم بها. فالبيئة بالنسبة للإنسان هى " الإطار الذي يعيش فيه والذى يحتوى على التربة والماء والهواء وما يتضمنه كل عنصر من هذه العناصر الثلاثة من مكونات جمادية وكائنات تنبض بالحياة " وما يسود هذا الإطار من مظاهر شتى من طقس ومناخ ورياح وأمطار وجاذبية ومغناطيسية..الخ ومن علاقات متبادلة بين هذه العناصر.

كما أن علم البيئة يهتم بالعلاقة المعقدة بين الحياة و اللاحياة. فالمصطلح المسمى Biosphere (الغلاف الجوي) يشير إلى العالم الحي ويتكون من عدة أنظمه بيئية Ecosystems.

ثالثا: البيئة والنظام البيئى

يطلق العلماء لفظ البيئة على مجموع الظروف والعوامل الخارجية التي تعيش فيها الكائنات الحية وتؤثر في العمليات الحيوية التي تقوم بها ، ويقصد بالنظام البيئى أية مساحة من الطبيعة وما تحتويه من كائنات حية ومواد حية في

تفاعلها مع بعضها البعض ومع الظروف البيئية وما تولده من تبادل بين الأجزاء الحية وغير الحية. ومن أمثلة النظم البيئية الغابة والنهر والبحيرة والبحر. واضح من هذا التعريف أنه يأخذ في الإعتبار كل الكائنات الحية النباتية والحيوانية سواء البدائية أو الراقية التي يتكون منها المجتمع البيئى وكذلك كل عناصر البيئة غير الحية (تركيب التربة ، الرياح ، طول النهار ، الرطوبة ، التلوث...الخ). ويأخذ الإنسان (وهو أحد الكائنات الحيوانية) – كأحد كائنات النظام البيئي – مكانة خاصة نظراً لتطوره الفكري والنفسي. فالإنسان هو المسيطر – إلى حد ملموس – على النظام البيئى وعلى حسن تصرفه تتوقف المحافظة على النظام البيئى وعدم إستنزافه.

وعلى ذلك فالنظام البيئى Ecosystem هو عبارة عن ما تحتوى أى منطقة طبيعية من كائنات حية ومواد غير حية بحيث تتفاعل مع بعضها البعض ومع الظروف البيئية. ويعنى ذلك أن عناصر البيئة وهى عناصر الإنتاج وعناصر الإستهلاك وعناصر التحلل تتفاعل مع نظام معين يطلق علية النظام البيئى. وعلى هذا فالنظام البيئى هو التوازن القائم بين عناصرها المختلفة. فلو أن ظروف ما أدت إلى إحداث تغير من نوع ما في إحدى هذه العناصر فإنه بعد فترة قصيرة قد تؤدى بعض الظروف الطبيعية الأخرى إلى تلافى أثار هذا التغير. والأنظمه البيئية توجد حولنا في كل مكان ومن أمثلتها البحيرات والغابات والبحار وكل منهما يمثل بيئة منفصلة قائمة بذاتها تعيش مكوناتها معا في توازن تام.

والنظام البيئى Ecosystem يوفر أو يهئ الظروف المناسبة للنباتات والحيوانات لتعيش ، ويجدد العناصر اللازمة لإبقائهم أحياء (التوازن البيئى). وعلى هذا الأساس تتكون دورة الحياة من أربعة عناصر هى :–

أولاً: يوجد ضوء الشمس والماء والأوكسجين وثاني أكسيد الكربون والمركبات العضوية وبعض مركبات غذائية تحتاجها النباتات للنمو (العناصر غير الحية).

ثانياً: النباتات سواء البرية أو المائية والتي بعملية التمثيل الضوئى تحول ثاني أكسيد الكربون والماء إلى كربوهيدرات التي تحتاجها النباتات نفسها أو تحتاجها كائنات حية أخرى في النظام البيئى وعلى هذا فإن النبات كائن منتج.

ثالثاً: المستهلك الذي يعتمد على المنتج (النبات) الحيوانات آكلة الأعشاب Herbivores (مثل البقر والماعز) هي مستهلك أولي لهذه النباتات لأنها تتغذى عليها بصفة رئيسية ، الحيوانات آكلة اللحوم Carnivores (مثل الإنسان والحيوانات الأخرى آكلة اللحوم) هي مستهلك ثانوى لأنها تأكل الحيوانات آكلة الأعشاب.

رابعاً: المحلل أو المكسر decomposer وهي كائنات حية مثل البكتيريا والفطريات والحشرات وهي تحلل المنتجات الميتة إلى عناصرها الكيميائية وإعادتها للنظام البيئى ليتم إعادة إستخدامها ثانية.

إن النظام البيئى يتكون من دورة حياة والتي يتحول فيها فضلات الحيوانات إلى غذاء للتربة والبكتيريا. والبكتيريا تنتج مواد غذائية للنبات والحيوانات التي تستهلك النباتات.

وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأنظمة البيئية تتكون من دورة حياة معقدة ومتفرعة. هذا التعقيد يساعد على حفظ النظام البيئي في حالة إذا ما حدث كسر للدورة أو حدث تغيير فى مسارها حيث تنشأ علاقة جديدة لتحافظ عليها.

فالحديث عن مفهوم البيئة إذن هو الحديث عن مكوناتها الطبيعية وعن الظروف والعوامل التي تعيش فيها الكائنات الحية.

وقد قسم بعض الباحثين البيئة إلى قسمين رئيسين هما :-

أولا: البيئة الطبيعية

وهي عبارة عن المظاهر التي لا دخل للإنسان في وجودها ومن مظاهرها: الصحراء ، البحار ، المناخ ، التضاريس ، والماء السطحي ، والماء

الجوفي والحياة النباتية والحياة الحيوانية. والبيئة الطبيعية ذات تأثير مباشر أو غير مباشر في حياة أية جماعة حية Population من نبات أو حيوان أو إنسان.

ثانيا: البيئة المشيدة

وتتكون من البنية الأساسية المادية التي شيدها الإنسان وكذلك من النظم الإجتماعية والمؤسسات التي أقامها. ومن ثم يمكن النظر إلى البيئة المشيدة من خلال الطريقة التي نظمت بها المجتمعات حياتها ، والتي غيرت البيئة الطبيعية لخدمة الحاجات البشرية. وتشمل البيئة المشيدة إستعمالات الأراضي للزراعة والمناطق السكنية والتنقيب فيها عن الثروات الطبيعية وكذلك المناطق الصناعية والمراكز التجارية والمدارس والمعاهد والطرق...الخ.

ويجب الأخذ فى الإعتبار أن البيئة بشقيها الطبيعى والمشيد هي كل متكامل وإطارها يشمل الكرة الأرضية ، أو (كوكب الحياة) ، وما يؤثر فيها من مكونات الكون الأخرى. ومحتويات هذا الإطار ليست جامدة بل أنها دائمة التفاعل مؤثرة ومتأثرة والإنسان نفسه واحد من مكونات البيئة يتفاعل مع مكوناتها بما في ذلك أقرانه من البشر. وقد ورد هذا الفهم الشامل على لسان السيد يوثانت الأمين العام السابق للأمم المتحدة حيث قال " أننا شئنا أم أبينا نسافر سوية على ظهر كوكب مشترك وليس لنا بديل معقول سوى أن نعمل جميعاً لنجعل منه بيئة نستطيع نحن وأطفالنا أن نعيش فيها حياة كاملة آمنة ". وهذا يتطلب من الإنسان وهو العاقل الوحيد بين صور الحياة أن يتعامل مع البيئة بالرفق والحنان ، يستثمرها دون إتلاف أو تدمير. ولعل فهم الطبيعة ومكونات البيئة والعلاقات المتبادلة فيما بينها يشجع ويمكن الإنسان أن يوجد ويطور موقعاً أفضل لحياته وحياة أجياله من بعده.

ويتكون كل نظام بيئى مما يأتى :-

١- كائنات غير حية وهي المواد الأساسية غير العضوية والعضوية في البيئة.

٢- كائنات حية وتنقسم إلى قسمين رئيسين :-

أ- كائنات حية ذاتية التغذية

وهي الكائنات الحية التي تستطيع بناء غذائها بنفسها (النباتات الخضراء) من مواد غير عضوية بسيطة بواسطة عمليات البناء أو التمثيل الضوئي. وتعتبر هذه الكائنات المصدر الأساسى والرئيسى لجميع أنواع الكائنات الحية الأخرى بمختلف أنواعها. كما تقوم هذه الكائنات باستهلاك كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التمثيل الضوئى وتقوم بإخراج الأوكسجين في الهواء.

ب- كائنات حية غير ذاتية التغذية

وهي الكائنات الحية التي لا تستطيع تكوين غذائها بنفسها وتضم الكائنات المستهلكة والكائنات المحللة. فآكلات الحشائش مثل الحشرات التي تتغذى على الأعشاب كائنات مستهلكة تعتمد على ما صنعه النبات وتحوله في أجسامها إلى مواد مختلفة تبنى بها أنسجتها وأجسامها. وتسمى مثل هذه الكائنات " المستهلك الأول " لأنها تعتمد مباشرة على النبات. والحيوانات التي تتغذى على هذه الحشرات كائنات مستهلكة أيضاً ولكنها تسمى " المستهلك الثانى " لأنها تعتمد على المواد الغذائية المكونة لأجسام الحشرات والتي نشأت بدورها من أصل نباتى. أما الكائنات المحللة فهي تعتمد في التغذية غير الذاتية على تفكك بقايا الكائنات النباتية والحيوانية وتحولها إلى مركبات بسيطة تستفيد منها النباتات ومن أمثلتها البكتيريا والفطريات وبعض الكائنات المترممة.

رابعا: الإنسان ودوره في البيئة

يعتبر الإنسان أهم عامل حيوي في إحداث التغيير البيئي والإخلال الطبيعى البيولوجى فمنذ وجوده وهو يتعامل مع مكونات البيئة. وكلما توالت الأعوام إزداد الإنسان تحكماً وسلطاناً في البيئة ، وخاصة بعد أن يسر له التقدم العلمي والتكنولوجي مزيداً من فرص إحداث التغير في البيئة وفقاً لازدياد حاجته إلى الغذاء والكساء. وهكذا قطع الإنسان أشجار الغابات وحول أرضها إلى مزارع

ومصانع ومساكن. كما أفرط في إستهلاك المراعي بالرعي المكثف ، ولجأ إلى إستخدام الأسمدة الكيماوية والمبيدات بمختلف أنواعها. كل هذه العوامل فعالة في الإخلال بتوازن النظم البيئية مما ينعكس أثرها في نهاية المطاف على حياة الإنسان كما يتضح مما يلى :-

١- الغابات: الغابة نظام بيئي شديد الصلة بالإنسان ، وتشمل الغابات ما يقرب من 28% من القارات ولذلك فإن تدهورها أو إزالتها يحدث إنعكاسات خطيرة في النظام البيئي وخصوصاً في التوازن المطلوب بين نسبتي الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون في الهواء.

٢- المراعي: يؤدى الإستخدام السيئ للمراعى إلى تدهور النبات الطبيعى ، الذي يرافقه تدهور في التربة والمناخ ، فإذا تتابع التدهور تعرت التربة وأصبحت عرضة للإنجراف.

٣- النظم الزراعية والزراعة غير المتوازنة: فقد قام الإنسان بتحويل الغابات الطبيعية إلى أراض زراعية فاستعاض عن النظم البيئية الطبيعية بأجهزة إصطناعية واستعاض عن السلاسل الغذائية وعن العلاقات المتبادلة بين الكائنات والمواد المميزة للنظم البيئية بنمط آخر من العلاقات بين المحصول المزروع والبيئة المحيطة به ، فاستخدم الأسمدة والمبيدات الحشرية للوصول إلى هذا الهدف. وأكبر خطأ إرتكبه الإنسان في تفهمه لإستثمار الأرض زراعياً هو إعتقاده بأنه يستطيع إستبدال العلاقات الطبيعية المعقدة الموجودة بين العوامل البيئية والنباتات بعوامل إصطناعية مبسطة ، فعارض بذلك القوانين المنظمة للطبيعة ، وهذا ما جعل النظم الزراعية مرهقة وسريعة العطب.

٤- إختلال التوازن البيولوجى البيئى بين عشائر وأنواع النباتات وأيضا الحيوانات البرية. لقد أدى تدهور الغطاء النباتي والصيد غير المنتظم إلى تعرض عدد كبير من النباتات والحيوانات البرية إلى الإنقراض ، فأخل بالتوازن البيولوجى البيئى.

خامسا: أثر التصنيع والتكنولوجيا الحديثة على البيئة

إن للتصنيع والتكنولوجيا الحديثة آثاراً سيئة في البيئة. فانطلاق الأبخرة والغازات وإلقاء النفايات أدى إلى إضطراب السلاسل الغذائية ، وانعكس ذلك على الإنسان الذي أفسدت الصناعة بيئته وجعلتها في بعض الأحيان غير ملائمة لحياته كما يتضح مما يلى :-

١- تلوث التربة: تتلوث التربة نتيجة إستعمال المبيدات المتنوعة والأسمدة وإلقاء الفضلات الصناعية ، وينعكس ذلك على الكائنات الحية في التربة ، وبالتالي على خصوبتها وعلى النبات والحيوان ، مما ينعكس أثره على الإنسان في نهاية المطاف.

٢- تلويث المحيط المائي: إن للنظم البيئية المائية علاقات مباشرة وغير مباشرة بحياة الإنسان. فمياهها التي تتبخر تسقط في شكل أمطار ضرورية للحياة على اليابسة. ومدخراتها من المادة الحية النباتية والحيوانية تعتبر مدخرات غذائية للإنسانية جمعاء في المستقبل. كما أن ثرواتها المعدنية ذات أهمية بالغة.

٣- تلوث الجو: تتعدد مصادر تلوث الجو ، ويمكن القول أنها تشمل المصانع ووسائل النقل والإنفجارات الذرية والفضلات المشعة. كما تتعدد هذه المصادر وتزداد أعدادها يوماً بعد يوم ، ومن أمثلتها الكلور وأول ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين وأملاح الحديد والزنك والرصاص وبعض المركبات العضوية والعناصر المشعة. وإذا زادت نسبة هذه الملوثات عن حد معين في الجو أصبح لها تأثيرات واضحة على الإنسان وعلى كائنات البيئة.

وعلى ذلك يمكن القول بأن هناك الكثير من التلوثات البيئية منها مثلاً التلوث الطبيعي والتلوث الصناعي والتلوث بالمواد المشعة والتلوث بالمخلفات البشرية الصلبة منها والسائلة والتلوث بالمبيدات الحشرية والتلوث الحراري وأخيراً التلوث بالنفط.

سادسا: التَّلَوُّث البيئي

تعيش الكائنات المختلفة في طبقة رقيقة تحيط بالكرة الأرضية تسمى بالغلاف الجوي (Biosphere) ، ولهذا الغلاف أهمية كبيرة ليس فقط لأنه الوسط الذي تعيش وتتكاثر فيه الكائنات الحية ، وإنما لأنه يشكل أيضاً المكان الذي تحدث وتجرى فيه التغيرات الأساسية الفيزيائية والكيميائية التي تطرأ على المواد غير الحية من الكرة الأرضية. هذا الغلاف الحيوى الذي نعيش بين أحضانه ونتنفس من هوائه ، تعاني أجزاؤه المختلفة الأرضية والمائية والهوائية من التلوث في الوقت الحالي. وقد عمت آثار التلوث أقطار العالم قاطبة ، وهددت مخاطرها البشر في مختلف البقاع في الشمال والجنوب. فقد أدت الزيادة الهائلة في عدد السكان والتضخم الصناعي والزراعي في القرن العشرين ، وعدم إتباع الطرق المناسبة في معالجة مصادر التلوث ، وإنعدام الإدارة البيئية الرشيدة والتخطيط السليم في إستغلال الموارد الطبيعية وتسيير المشاريع الصناعية والزراعية الضخمة ، إلى الإخلال بالأنظمة البيئية وتلوث عناصر البيئة الرئيسية كالأرض والهواء والمياه ، واستنزاف الموارد الطبيعية.

التلوث البيئي مصطلح يعنى بكافة الطرق التي بها يتسبب النشاط البشري في إلحاق الضرر بالبيئة الطبيعية. ويشهد معظم الناس تلوث البيئة في صورة مسطح أو مكان مكشوف للنفايات أو في صورة دخان أسود ينبعث من أحد المصانع. وقد يكون التلوث غير منظور ، ومن غير رائحة أو طعم. وبعض أنواع التلوث قد لا تتسبب حقيقة في تلوث اليابسة والهواء والماء ، ولكنها كفيلة بإضعاف متعة الحياة عند الناس والكائنات الحية الأخرى. فالضجيج المنبعث من حركة المرور والآلات مثلاً يمكن إعتباره شكلاً من أشكال التلوث.

والتلوث البيئي أحد أكثر المشاكل خطورة على البشرية وعلى أشكال الحياة الأخرى التي تدب حاليًا على كوكب الأرض. ففي مقدور هواء سيئ التلوث أن يسبب الأذى للمحاصيل وأن يحمل في طياته الأمراض التي تهدد الحياة. لقد حدّت

وقللت بعض ملوثات الهواء من قدرة الغلاف الجوي على ترشيح إشعاعات الشمس فوق البنفسجية والتي تنطوي على الأذى. ويعتقد العديد من العلماء أن هذه الإشعاعات وغيرها من ملوثات الهواء قد أخذت تحدث تغييرًا في مناخات العالم. كما أن ملوثات الماء والتربة تهدد أيضا قدرة المزارعين على إنتاج الغذاء الضروري لإطعام سكان العالم. كذلك فإن الملوثات البحرية تهدد الكثير من الكائنات العضوية البحرية.

إن كثير من الناس يرى في ملوثات الهواء والماء والتربة أشكالاً متميزة من أشكال التلوث. إلا أن كل جزء من أجزاء البيئة ــ أي الهواء والماء والتربة ــ يعتمد كل منها على الآخر ، وعلى النباتات والحيوانات التي تعيش ضمن هذه البيئة. وتشكل العلاقات بين كل الكائنات الحية وغير الحية في بيئة معينة نظامًا يسمى وكما ذكرنا سابقا النظام البيئي. وترتبط كل الأنظمة البيئية بعضها ببعض. وهكذا فإن الملوث الذي يبدو وكأنه يؤثر في جزء واحد فقط من البيئة ، ربما يؤثر أيضًا في أجزاء أخرى. فالدخان السخامي المنبعث من محطة قذرة ، على سبيل المثال ، قد يبدو مؤثرًا على الغلاف الجوي فقط. ولكن في مقدور الأمطار أن تحمل بعض الكيميائيات الضارة الموجودة في الدخان وإسقاطها على الأرض أو على مجارى المياه.

تنبعث بعض الملوثات ، مثل أنبوب المجاري الذي يصب ماءا متسخًا في نهر من الأنهار ، من نقطة محدودة أو مكان محدد ، ويعرف هذا بتلوث المصدر المحدود ، في حين تنبعث ملوثات أخرى من مناطق واسعة. ففى مقدور الماء الجاري في المزارع أن يحمل معه المبيدات والأسمدة إلى الأنهار. كما أن بإمكان مياه الأمطار أن تجرف الوقود والزيت والأملاح من الطرق ومواقف السيارات ، وتحملها إلى الآبار التي تزود الناس بمياه الشرب. ويسمى التلوث الصادر عن مثل هذه المناطق الواسعة بتلوث المصدر اللامحدود.

كل شخص فى هذا العالم تقريبًا يريد ويرغب في الحد من التلوث ، ولكن معظم التلوث الذي يهدد صحة كوكب الأرض حاليًا يأتي ، لسوء الحظ من منتجات يحتاجها كثير من الناس ويرغبون فيها. فمثلاً ، توفر السيارات الراحة بنقلها للأشخاص ، ولكنها تُنتج نسبة عالية من تلوث الهواء في العالم. وتنتج المصانع منتجات يستخدمها الناس ، ويستمتعون بها ، ولكن العمليات الكيميائية في مقدورها أن تسبب التلوث. وتساعد المبيدات والأسمدة في نمو كميات كبيرة من الأغذية ، ولكنها تسمم التربة ومجاري المياه.

ومن أجل وضع نهاية للتلوث ، أو التقليل منه إلى حد كبير ، يتوجب على الناس أن يقللوا من إستخدام السيارات ، ووسائل الراحة الحديثة الأخرى. كما أن على بعض المصانع أن تغلق أبوابها أو أن تغير طرق إنتاجها. ولكن إغلاق هذه الصناعات سيزيد من البطالة ، وذلك لأن معظم أعمال الناس تعتمد على صناعات تسهم في التلوث البيئي. وبالإضافة إلى ذلك ، قد يؤدي توقف المزارعين فجأة عن إستخدام المبيدات والأسمدة إلى الحد من الغذاء اللازم لإطعام الناس في هذا العالم. وعلى أي حال يمكن تقليل التلوث ، بمرور الزمن ، بعدة طرق بدون أي تعطيل مؤثر أو جدي لمسيرة حياة الناس. فمثلاً ، يمكن للحكومات أن تسن تشريعات تشجع المؤسسات على تبنى طرق تشغيلية قليلة التلوث. ويمكن للعلماء والمهندسين أن يطوروا منتجات تصنيعية نظيفة وأكثر أمانًا بالنسبة للبيئة. كما يمكن للأفراد والجماعات في العالم أن يجدوا بأنفسهم طرقًا تقلل من التلوث البيئى.

يعتبر التلوث ظاهرة بيئية من الظواهر التي أخذت قسطا كبيرا من إهتمام حكومات دول العالم منذ النصف الثانى من القرن العشرين. وتعتبر مشكلة التلوث أحد أهم المشاكل البيئية الملحة التي بدأت تأخذ أبعادا بيئية وإقتصادية وإجتماعية خطيرة، خصوصا بعد الثورة الصناعية في أوروبا والتوسع الصناعي الهائل والمدعوم بالتكنولوجيا الحديثة. وأخذت الصناعات في الآونة الأخيرة إتجاهات خطيرة متمثلة في التنوع الكبير وظهور بعض الصناعات المعقدة والتي يصاحبها

في كثير من الأحيان تلوث خطير يؤدى عادة إلي تدهور المحيط الحيوى والقضاء على تنظيم البيئة العالمية. وعلى ذلك فالتلوث في أبسط تعريفاته هو إطلاق عناصر أو مركبات أو مخاليط غازية أو سائلة أو صلبة إلي عناصر البيئة التي هي الهواء والماء والتربة مما يسبب تغييرا في جودة هذه العناصر ويسبب تلوثها ويؤثر علي الكائنات الحية التي تعتمد علي هذه العناصر.

لقد عرف التلوث بطرق مختلفة منها أن التلوث هو تلوث البيئة (المقصود أو غير المقصود) بفضلات الإنسان. وهناك بعض التعريفات الأكثر تفصيلاً ودقة مثل تعريف هولستر و بورتوز اللذان عرفا التلوث تعريفاً شاملاً من خلال تعريف الملوث. فالملوث هو مادة أو أثر يؤدى إلى تغير في معدل نمو الأنواع في البيئة يتعارض مع سلسلة الطعام بإدخال سموم فيها أو يتعارض مع الصحة أو الراحة أو مع قيم المجتمع. وتدخل الملوثات إلى البيئة في المادة بكميات ملحوظة على شكل فضلات ومهملات أو نواتج جانبية للصناعات أو أنشطة معينة للإنسان. وينطوى التلوث في العادة على تبديد الطاقة (الحرارية والصوتية أو الإهتزازات).

وإذا تطرقنا إلى مفهوم تلوث البيئة CONCEPT OF POLLUTION يمكن القول بأنه هو عبارة عن الحالة القائمة في البيئة الناتجة عن التغيرات المستحدثة فيها والتي تسبب للإنسان الإزعاج أو الأمراض أو الضرر أو الوفاة بطريقة مباشرة ، أو عن طريق الإخلال بالأنظمة البيئية. وتعرف مسببات التلوث بالملوثات. وتعرف الملوثات بأنها المواد أو الميكروبات التي تلحق الضرر بالإنسان. والتعريف الحديث للتلوث هو أنه كل ما يؤثر على جميع عناصر بما فيها من نبات وحيوان وإنسان وكذلك ما يؤثر في تركيب العناصر الطبيعية غير الحية مثل (الهواء والتربة والبحيرات والبحار). وأيضا يعرف التلوث بأنه أي تغير يؤدي إلى حدوث خلل في دورات المواد الطبيعية الموجودة في الأرض أو خلل في تدفقات الطاقة المتداخلة مع دورات المواد والمتفاعلة معها.

عموما يختلف علماء البيئة والمناخ في تعريف دقيق ومحدد للمفهوم العلمى للتلوث البيئى. وأيا كان التعريف فإن المفهوم العلمي للتلوث البيئي مرتبط بالدرجة الأولي بالنظام الإيكولوجي حيث أن كفاءة هذا النظام تقل بدرجة كبيرة وتصاب بشلل تام عند حدوث تغير في الحركة التوافقية بين العناصر المختلفة. فالتغير الكمى أو النوعى الذي يطرأ على تركيب عناصر هذا النظام يؤدى إلى الخلل في هذا النظام. ومن هنا نجد أن التلوث البيئى يعمل على إضافة عنصر غير موجود في النظام البيئى على قبول هذا الأمر الذي يؤدي إلي إحداث خلل في هذا النظام.

ونظرا لأهمية التلوث وشموليته – يمكن تقسيم التلوث إلي ثلاث درجات متميزة وهى :-

١- التلوث المقبول

إن أى منطقة من مناطق الكرة الأرضية فى الوقت الحالى لا تكاد تخلو غالبا من هذه الدرجة من التلوث , حيث لا توجد بيئة خالية تماما من التلوث نظرا لسهولة نقل التلوث بأنواعه المختلفة من مكان إلي آخر سواء كان ذلك بواسطة العوامل المناخية أو البشرية. والتلوث المقبول هو درجة من درجات التلوث التي لا يتأثر بها توازن النظام الإيكولوجى ولا يكون مصحوبا بأي أخطار أو مشاكل بيئية رئيسية.

٢- التلوث الخطر

إن كثيرا من الدول الصناعية تعانى من التلوث الخطر والناتج بالدرجة الأولي من النشاط الصناعى وزيادة النشاط التعدينى والإعتماد بشكل رئيسي على الفحم والبترول كمصدر للطاقة. وهذه المرحلة تعتبر مرحلة متقدمة من مراحل التلوث حيث أن كمية ونوعية الملوثات تتعدي الحد الإيكولوجى الحرج والذي بدأ معه التأثير السلبى على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية. وتتطلب هذه المرحلة

إجراءات سريعة للحد من التأثيرات السلبية. ويتم ذلك عن طريق معالجة التلـوث الصناعي باستخدام وسائل تكنولوجية كإنشاء وحدات معالجة كفيلة بتخفيض نسبة الملوثات لتصل إلي الحد المسموح به دوليا أو عن طريق سن قوانين وتشريعات وضرائب على المصانع التي تساهم في زيادة نسبة التلوث.

٣- التلوث المدمر

يمثل التلوث المدمر المرحلة التي ينهار فيها النظام الإيكولـوجي ويصـبح غير قادر على العطاء نظرا لاختلاف مستوى الإتزان بشكل جذرى. ولعل حادثة المفاعلات النووية التي وقعت في تشرنوبل في الإتحاد السوفيتى خير مثال للتلوث المدمر حيث أن النظام البيئى إنهار كليا ويحتاج إلي سنوات طويلة لإعادة إتزانه بواسطة تدخل العنصر البشري وبتكلفة إقتصادية باهظة. ويذكر تقدير لمجموعـة من خبراء البيئة في الإتحاد السوفيتى بأن منطقة تشرنوبل والمناطق المجاورة لها تحتاج إلي حوالي خمسين عاما لإعادة إتزانها البيئى.

ومن كل ما سبق يمكن القول بأن التعريف الشامل للتلوث يشمل كل النقـاط التالية :-

١- أى تغيير فيزيائى أو كيميائى أو بيولوجى مميز يؤدى إلى تأثير ضار على الهواء أو الماء أو الأرض أو يضر بصحة الإنسان والكائنات الحيـة الأخـرى ، وكذلك يؤدى إلي الأضرار بالعملية الإنتاجية كنتيجة للتأثير على حالـة المـوارد المتجددة. وهو تدمير أو تشويه النقاء الطبيعي لكائنات حية أو لجمـادات بفعـل عوامل خارجية منقولة عن طريق الجو أو المياه أو التربة.

٢ هو كل تغيير كمى أو كيفى في مكونات البيئة الحية أو غير الحية لا تقـدر الأنظمة البيئية على إستيعابه دون أن يختل إتزانها.

٣- هو كل ما يؤدى نتيجة التكنولوجيا المستخدمة إلى إضافة مادة غريبة إلى الهواء أو الماء أو الغلاف الأرضي في شكل كمى تؤدى إلي التأثير على نوعية الموارد وعدم ملاءمتها وفقدانها خواصها أو تؤثر على إستقرار تلك الموارد.

٤- هو إدخال إي مادة غير مألوفة إلي من الأوساط البيئية ، وتؤدى هذه المادة الدخيلة عند وصولها لتركيز ما إلي حدوث تغيير في نوعية وخواص تلك الأوساط.

٥- إدخال مواد أو طاقة بواسطة الإنسان سواء بطريق مباشر أو غير مباشر إلى البيئة بحيث يترتب عليها آثار ضارة من شأنها أن تهدد الصحة الإنسانية ، أو تضر بالموارد الحية أو بالنظم البيئية أو تنال من قيم التمتع بالبيئة أو تعوق الإستخدامات الأخرى المشروعة لها.

سابعا: أنواع مصادر التلوث البيئى

١- ملوثات غازية

وهي التي تنطلق من مداخن الأفران (شكل ٢-١) في الصناعات البترولية عموما أو من أجهزة الفصل والتقطير وغيرها ، كذلك نواتج الإحتراق ومن عوادم السيارات وهي :-

١- أكاسيد الكبريت (SO_x).

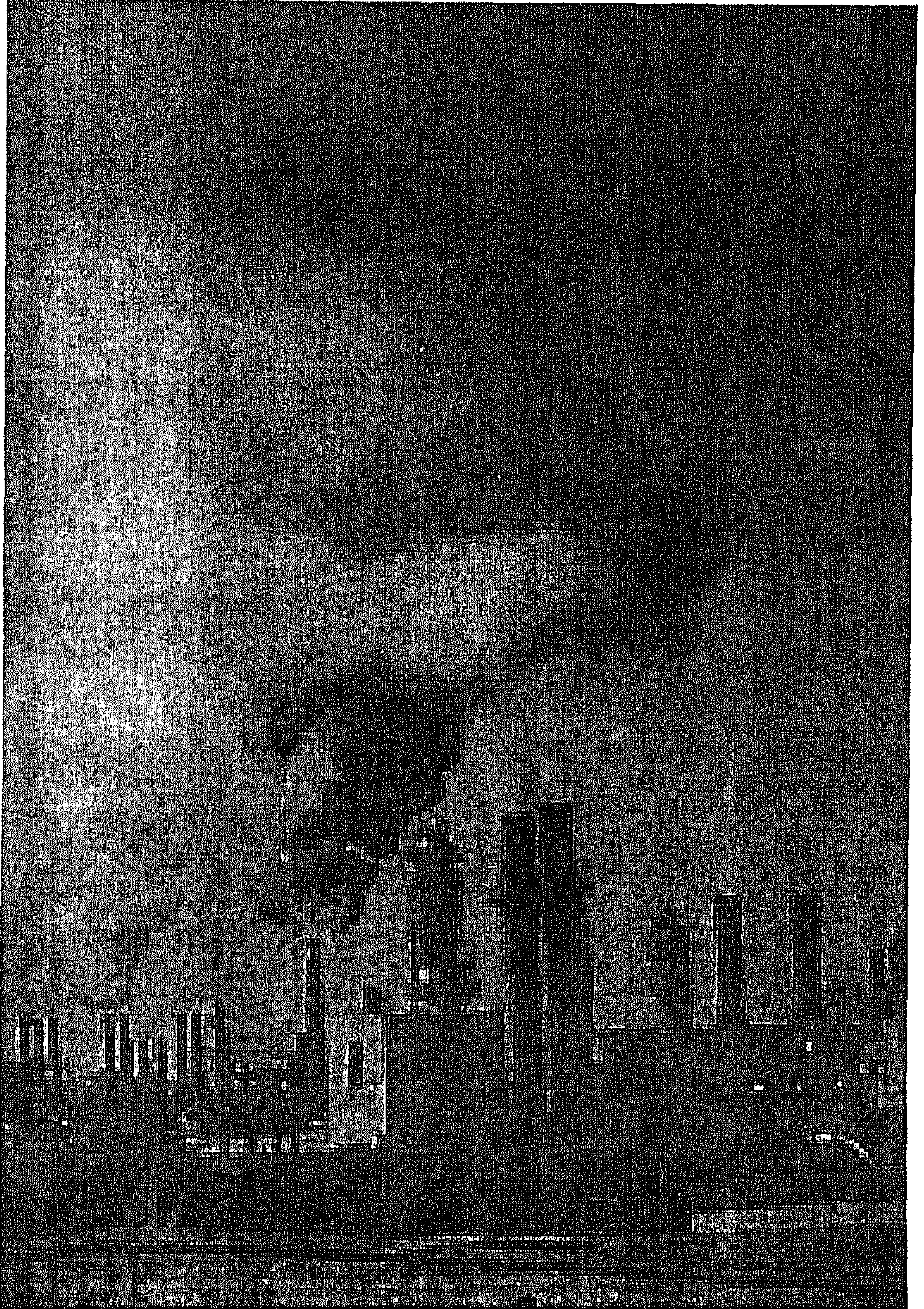
٢- وأكاسيد النيتروجين (NO_x).

٣- وكبريتيد الهيدروجين (H_2S).

٤- والأمونيا (NH_3).

٥- وأول أكسيد الكربون (CO).

٦- والهيدروكربونات.



شكل ٢-١: الملوثات الغازية الناشئة عن مداخن الأفران والمصانع.

٢- الفلزات والمعادن الثقيلة Heavy Metals

وتنتج من الصناعات المعدنية والكيميائية وتشمل :-

الرصاص - الزئبق- النحاس - النيكل وغيرها.

ويكفي أجزاء من المليون (ppm) لتسبب خطورة كبيرة.

٣- الدقائق Particulate

ويمكن أن تكون غازية أو أبخرة أو صلبة ذات أحجام صغيرة جدا وتنطلق من عدة صناعات معدنية كالحديد والصلب والألومنيوم وكذلك صناعات الأسمنت والأسمدة والصناعات البترولية والكيماوية وتشمل الدقائق :-

أ- الأتربة Dusts. (دقائق صلبة).

ب- الضباب Mists. (دقائق سائلة - قطرات).

جـ - الدخان Fumes.

د- الرذاذ Sprays.

هـ- الدقائق الصلبة.

٤- المخلفات الصلبة Solid Wastes

من أمثلتها مخلفات صناعة الورق - الخشب - الزجاج - الحديد والصلب والبلاستيك.

٥- المخلفات السائلة Liquid Wastes

وتنتج عن معظم الصناعات وخاصة البترولية والكيميائية وتشمل :-

أ- مخلفات غير عضوية تحتوى علي الأحماض والقلويات والأملاح.

ب- مخلفات عضوية وتشمل :-

١- الزيوت والشحوم - الكيماويات العضوية.

٢- مبيدات الحشرات Pesticides.

٣- مبيدات الأعشاب Herbicides.

٤- المواد الهيدروكربونية المكلورة Chloronated Hydrocarbons.

٦- التلوث المعدني

تعد مشكلة التلوث بالعناصر المعدنية السامة في الوقت الحاضر من أهم المشكلات التي تواجه المتخصصين في مجال البيئة ، ذلك لأنها ذات أضرار صحية بالغة على صحة الإنسان. وقد تفاقمت هذه المشكلة نتيجة للتطور السريع في المجالات الصناعية المختلفة. فعلى سبيل المثال زادت نسبة غاز أول أكسيد الكربون في الهواء الجوى. أما عنصر الرصاص فقد لوحظت زيادته باستمرار نتيجة لإحتراق العديد من وقود المركبات.

٧- الأسلحة الكيميائية

تعتبر الأسلحة الكيميائية من أحد أسباب تلوث الهواء الجوى الذي تقوم عليها بعض الدول وجيوشها وذلك في أثناء حروبها أو معاركها مع دول أخرى أو لتصفية بعض المعتدين على نظامها. ومن أنواع تلك الأسلحة الكيميائية غازات الأعصاب مثل (كالزارين) والغازات الكاوية (كالخردل/حارق) وغازات الدم مثل (حامض الهيدروسيانيك) والغازات الخانقة مثل (الفرسجين) والغازات المضيئة مثل (الأرسيت) والغازات المسيلة للدموع مثل (الكلورواسيتومنيتون) وغازات الهلوسة. وهذه الغازات فتاكة أو تعمل على شل القدرة. وتستمر هذه الغازات في الجو لمدة زمنية معينة فغازات الأعصاب تستمر من 12 ساعة إلى عدة أيام والغازات الأخري تبقى من عدة دقائق إلى بضع ساعات. كذلك فإن أبخرة غاز (سيانيد الهيدروجين) سامة جدا ولها تأثيرات مباشرة على إنزيمات التنفس

بالذات. وتعد هذه الأبخرة سامة متعلقة بالجهاز التنفسى إذ تتحول تلك الأبخرة داخل أجهزة وخلايا الجسم إلى حامض في وجود الماء.

٨- التلوث الاشعاعى

إذا كان التلوث الكيماوى ، والذي تحدثنا عنه من قبل ، يمثل خطورة بالغة على صحة وحياة الإنسان والحيوان والنبات ، فان هناك نوعا آخر من التلوث لا يقل خطورة عن التلوث الكيماوى ، بل قد يفوقه من حيث سرعة إنتشاره ، ومن حيث حجم ونوعية الأمراض الناجمة عنه. هذا النوع من التلوث هو التلوث الإشعاعي. ومنذ الحرب العالمية الثانية وحتى وقتنا الحالي إستطاع الإنسان إستخدام المواد المشعة في إنتاج أخطر القنابل النووية والهيدروجينية. وعلى ذلك فإن الإنسان قد تسبب في إحداث تلوث يختلف عن الملوثات المعروفة وهو التلوث الإشعاعي والذي يّعد في الوقت الحالي من أخطر الملوثات البيئية. وقد يظهر تأثير هذا التلوث بصورة سريعة ومفاجئة على الكائن الحى أو قد يأخذ وقتاً طويلاً ليظهر في الأجيال القادمة.

ولقد إزداد حجم التلوث الإشعاعي خلال الخمسين عاما الماضية. فبعد أن كانت مصادر الإشعاع مقصورة على الأشعة الكونية والمصادر الطبيعية الأخرى ، مثل الأشعة المنبعثة من الصخور والأشعة المنبعثة من العناصر الطبيعية ، مثل البوتاسيوم ، تدخلت يد الإنسان لتضيف كما من الإشعاعات التي لوثت الهواء والماء والغذاء.

يتلوث الهواء بالإشعاعات التى تصدر عن نظائر مشعة. والنظائر المشعة هى عبارة عن عناصر ذات ذرات غير مستقرة لإحتوائها على كمية كبيرة جدا من الطاقة. وهى تتجة إلى الإستقرار بفقد فائض الطاقة على هيئة جسيمات مشعة هى جسيمات ألفا وبيتا وجاما. ويتلوث الهواء بالجسيمات المشعة من مصادر طبيعية مثل النظائر المشعة الموجودة فى قشرة الأرض حيث تحتوى على اليورانيوم Uranium والثوريوم Thorium التى تكثر فى الخور الجرانيتية أو

من الأشعة الكونية حيث تصل إلى الكرة الأرضية أنواع مختلفة من الإشـــعاعات غير المؤينة. كما يتلوث الهواء أيضا من مصادر غير طبيعية وهى الجسـيمات المشعة التى تنتج من محطات المفاعلات النووية واسـتخدام الأسـلحة الذريــة والهيدروجينية والإنفجارات الذرية وأثناء عمليات التكرير والتعدين.

ويعتبر الإنشطار النووى وإنشاء أول مفاعل نووى في عـام 1942 همــا البداية الحقيقية لتلوث البيئة بالإشعاعات النووية. ولقد إزداد حجم هذا التلوث على أثر إنتاج الأسلحة الذرية. ففي نهاية الحرب العالمية الثانية وما أعقبها من حروب وإنفجارات نووية ، حيث شهد العالم في الفترة ما بين 1945 إلــى عـام 1963 نطاقاً واسعاً من تجارب الإنفجارات الذرية. ولعــل إنفجــار قنبلــة هيروشـيما ونجازاكي وما خلفه من غبار ذري قد أدى إلى تلوث البيئــة بالإشــعاع وســبب الكثير من الأمراض والتشوهات والكوارث.

وإذا كانت الإنفجارات النووية تعد من أخطر مصادر التلوث الإشعاعى، فإن هناك مصادر أخرى أدت إلى زيادة حجم هذا التلوث. تشتمل هذه المصادر علــى المفاعلات النووية وما ينجم عنها من تلوث إشعاعى بسبب إستخدامها على نطاق واسع ، وبسبب إنفجارها في بعض الأحيان ، مثلما حدث من تلوث علــى أثــر إنفجار مفاعل تشرنوبل النووى.

كذلك تشمل مصادر التلوث على إستخدام الذرة كمصدر للطاقة واسـتخدام النظائر المشعة في التجارب العلمية في مجال العلوم الطبية والعلوم البيولوجية ، وتشخيص الأمراض وعلاجها إشعاعيا ، بالإضافة إلى الإشعاعات الصادرة مــن أجهزة التليفزيون والكمبيوتر والأجهزة الإلكترونية الأخــرى ، وبعضــا مــن الأجهزة الطبية وأجهزة القوى الكهربائية لأعمال وأبحاث الفضاء والطائرات.

وتنتقل المواد المشعة إلى جسم الإنسان عن طريق تلوث الغــذاء والمــاء بالنظائر المشعة أو الغبار الذري المتساقط على النباتات والحيوانات والمــاء ، أو عن طريق إستنشاق المواد المشعة أو الغبار الذري الملوث للهواء.

كيف تنشأ الإشعاعات

تتكون ذرة العنصر من نواة مركزية (Nucleus) تحتوي علي بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة ويدور حول هذه النواة عدد من الإلكترونات سالبة الشحنة. ويطلق علي عدد البروتونات في النواة إسم العدد الذرى (Atomic Number) بينما يطلق على مجموع عدد البروتونات + مجموع النيوترونات إسم الوزن الذري (Atomic Weight) . وفي معظم أنوية العناصر الكيميائية يكون عدد البروتونات داخل النواة مساويا لعدد النيوترونات وفي بعض أنوية بعض العناصر يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات وتسمي هذه العناصر بالنظائر (Isotope) . وهذه النظائر بعضها ثابت لا يتغير تركيبها الذرى بمرور الزمن والعادة تكون لها عدد ذرى منخفض. وبعض هذه النظائر غير مستقر وغالبا ما تكون أعدادها الذرية عالية وتسمى بالنظائر المشعة. وهذه النظائر سوف تلفظ أنويتها دقائق نووية (أى يصدرعنها إشعاعات نووية) تسمي أشعة ألفا ، وأشعة بيتا ، وأشعة جاما. وبمرور الوقت تتحول هذه العناصر إلي عناصر أخرى أقل وزنا وتختلف في صفاتها الكيميائية والفيزيائية عن العنصر الأصلى.

أنواع الإشعاع

يوجد نوعان أساسيان للإشعاع هما :-

١- الإشعاع المؤين: Ionizing Radiation

توجد ثلاثة أنواع رئيسية من الإشعاع المؤين قد توجد فى الإشعاعات التي يصنعها الإنسان كذلك في الإشعاع الطبيعي وهي دقائق ألفا Alpha Particles ودقائق بيتا Beta Particles وأشعة جاما Gamma Rays.

أ- دقائق ألفا Alpha Particles

يمكن إيقاف مسار أشعة ألفا α-rays بواسطة قطعة من الورق أو بواسطة جسم الإنسان ولكن إذا تم إستنشاق أبخرة المادة التي تشع منها دقائق ألفا أو بلعها ودخولها إلى الجسم نتيجة وجود جرح به فإنها تكون مؤذية جدا.

ب- دقائق بيتا Beta Particles

لا يمكن إيقاف دقائق بيتا β-rays بواسطة قطعة من الورق ويمكن إيقاف سريان هذه الأشعة بواسطة قطعة من الخشب ، وقد تسبب أذى جسيم إذا إخترقت الجسم.

جـ - أشعة جاما Gamma Rays

تعتبر أشعة جاما γ- rays من أخطر أنواع الإشعاعات ولها قوة إختراق عالية جدا. وأشعة جاما أكبر بكثير من أشعة ألفا وأشعة بيتا. ويمكن إيقاف سريانها بواسطة حاجز من الكونكريت (الخرسانة المسلحة) وتقع أشعة إكس X-rays من ضمن تقسيمات أشعة جاما ولكنها أقل قدرة علي الإختراق من أشعة جاما.

٢- إشعاع غير مؤين Non-Ionizing Radiation

مثل الإشعاعات الكهرومغناطيسية ومنها موجات الراديو والتليفزيون وموجات الرادار والموجات الحرارية ذات الأطوال الموجية القصيرة (ميكروويف) والموجات دون الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والضوء العادى.

مصادر التلوث الإشعاعي

تشمل مصادر التلوث الإشعاعي مصادر طبيعية وأخرى ناتجة عن أنشطة الإنسان. وتضم الإشعاعات الطبيعية كل من الأشعة الكونية وأشعة إكس الأرضية وأشعة جاما المنبعثة من الصخور والبوتاسيوم المشع. أما بالنسبة للمصادر

الناتجة عن أنشطة الإنسان فتشمل أشعة إكس والأدويه المشعة المستخدمة في المجالات الطبية والمواد المشعة المستعملة في العلوم البيولوجية ، بالإضافه إلى الأشعه الصادرة من المفاعلات النووية والأسلحة النووية والأجهزة الإلكترونية. وفيما يلى سوف نستعرض بعض المصادر الطبيعية للاشعاع الذرى وكذلك بعض المصادر ناتجة عن أنشطة الإنسان.

أ: المصادر الطبيعية للإشعاع الذري

الإشعاع الذري له ثلاثة مصادر رئيسية على الأرض هي :-

١- الأشعة الكونية

المصدر الرئيسى لهذه الأشعة ناتج عن الحوادث النجمية في الفضاء الكونى البعيد ومنها ما يصدر عن الشمس خاصة خلال التوهجات الشمسية التي تحدث مرة أو مرتين كل 11 سنة ، مولدة جرعة إشعاعية كبيرة إلى الغلاف الغازي للأرض. وتتكون هذه الأشعة الكونية من 87% من البروتونات و 11% من جسيمات ألفا ، وحوالي 1% من النوى ذات العدد الذرى ما بين 4 و 26 وحوالي 1% من الإلكترونات ذات طاقة عالية جداً وهذا ما تمتاز به الأشعة الكونية ، لذلك فإن لها قدرة كبيرة على الإختراق. كما أنها تتفاعل مع نوى ذرات الغلاف الجوى مولدة بذلك إلكترونات سريعة وأشعة جاما ونيوترونات وميزونات. ولا يستطيع أحد تجنب الأشعة الكونية ولكن شدتها على سطح الأرض تتباين من مكان لآخر

تختلف كمية الإشعاعات الكونية باختلاف إرتفاع المكان عن سطح البحر وباختلاف الموقع الجغرافى ، حيث يقل مقدارها في الأماكن القريبة من سطح البحر، وتزداد كلما إرتفعنا عنه. فنجد أنه كلما إرتفعنا عن سطح البحر بمقدار عشرة آلاف قدم كلما تضاعف مقدار الأشعة الكونية ثلاث مرات.

وتجد الإشارة إلى أن الغلاف الجوى يعتبر حاجزا واقيا من الأشعه الكونية. ويتكون في الغلاف الجوى بعض المواد المشعة نتيجة تفاعل مواد أخرى مع

مكوناتها ، حيث يتكون الكربون 14 المشع مثلا نتيجة تفاعل الأشعة الكونية مع النيتروجين 14.

٢- النشاط الإشعاعي الطبيعي في القشرة الأرضية

تحتوي القشرة الخارجية للكرة الأرضية على كميات ضئيلة من عناصر مشعة ، مثل اليورانيوم والثوريوم. يختلف تركيز العناصر المشعة بالتربة باختلاف نوعها ، فنجد أن تركيزها يزداد بالصخور الجرانيتيه ويقل في التربة الرملية. كما تحتوي التربة أيضا على نسبه ضئيلة من الكالسيوم 48 المشع. وتتكون الإشعاعات الصادرة من التربة أساسا من إشعاعات جاما ، حيث تمتص ألفا وبيتا داخل القشرة الخارجية للتربة.

إن من أهم العناصر المشعة فى صخور القشرة الأرضية هي (البوتاسيوم 40) وسلسلتا العناصر المشعة المتولدة من تحلل (اليورانيوم -238) و (الثوريوم -232). وهناك ما يقارب الأربعين من النظائر المشعة. وأعمار النصف للعناصر المشعة الأساسية في صخور القشرة الأرضية طويلة جداً. لهذا بقيت هذه العناصر في الأرض إلى الآن منذ خلقها. فعمر النصف (للبوتاسيوم -40) يزيد على ألف مليون سنة وعمر النصف (الروبيدوم -87) يزيد على أربعين ألف مليون سنة وهذه النظائر المشعة تبعث أنواعاً مختلفة من الإشعاع الذري كجسيمات بيتا وألفا وأشعة جاما.

ومستوى النشاط الإشعاعي الطبيعي في القشرة الأرضية متقارب جداً في معظم الأماكن ، حيث لا يوجد إختلاف يذكر عن مكان وآخر بصفة عامة. إلا أن هناك أماكن على الأرض يزداد فيها الإشعاع الطبيعي بشكل كبير نتيجة وجود تركيزات عالية من العناصر المشعة طبيعياً في صخور القشرة الأرضية.

٣- المواد المشعة الموجودة في الطعام وداخل جسم الإنسان

توجد بعض العناصر المشعة الطبيعية مثل الكربون 14 والبوتاسيوم 40 فى طعام الإنسان وداخل جسمه. ويوجد بجسم الإنسان أيضا الراديوم 226 والبولونيوم 210 والإسترونشيوم 90.

ب- الإشعاعات المستخدمة أو الإصطناعية

١- الإشعاعات المستخدمة في مجال العلوم الصحية

تستخدم الأشعة السينية أو النووية في مجال تشخيص الأمراض وعلاجها. كما تستخدم الأدوية التي تحتوى على عناصر مشعة ضئيلة في علاج بعض الأمراض مثل التسمم الدرقي الذي يستخدم اليود المشع في علاجه. وتشير الدراسات إلى أن إستعمال الأدوية المشعة يتزايد عاما بعد عام. ولذلك فإن هذه الأدوية تعتبر مصدرا هاما من مصادر تعرض الإنسان للإشعاع.

٢- المفاعلات النووية

بعد إكتشاف الإنشطار النووى أقيم أول مفاعل نووي في عام 1942 ، ثم أعقبه مشروع مانهاتان بإنشاء أول أسلحة ذرية وذلك في نهاية الحرب العالمية الثانية. ولقد أستخدمت المفاعلات النووية ، وما زالت تستخدم لتوليد الطاقة. وينجم عن إستعمال هذه المفاعلات تلوث البيئة بالإشعاع وبخاصة البيئة المحيطة بهذه المفاعلات. وقد ترتفع نسبة التلوث البيئي إرتفاعا كبيرا بسبب حوادث إنفجار المفاعلات النووية ، مثل حادث إنفجار مفاعل تشرنوبل النووى.

تنقسم المواد المتسربة من المفاعلات النووية بسبب الحوادث إلى مواد طيارة وأخرى غير طيارة. وتمثل المواد الطيارة المشعة مثل اليود والترتيوم والأجزاء المتناثرة من عنصر البلوتونيوم خطورة على الإنسان حيث يستنشق المواد المشعة مع هواء البيئة الملوث.

٣- الأسلحة النووية

تم تفجير أول سلاح من الأسلحة النووية عام 1945 في هيروشيما ونجازاكي في اليابان. ثم توالت تجارب الأسلحه النووية بعد ذلك على نطاق واسع حتى عام 1963 حيث أجريت عدة تجارب نووية في الولايات المتحدة والإتحاد السوفيتى والمملكة المتحدة .

ولقد إتفقت القوى الثلاث في عام 1963 على منع إجراء التجارب النووية فوق سطح الأرض. إلا أن هذه التجارب لم تتوقف على المستوى العالمي حيث أجريت في فرنسا والصين تجارب محدودة بعد هذه الفترة. ولقد إستمرت التجارب النووية بعد الإتفاقية التي عقدت بين الدول الكبرى الثلاث وذلك بإجرائها تحت الأرض بهدف حماية البيئة من التلوث. وبالرغم من هذه الإحتياطات إلا أن التجارب التي أجريت تحت الأرض أضافت قليلا من الغبار الذرى المحمل بالمواد المشعة للبيئة.

من النظائر التي مثلت خطورة على الإنسان على أثر الإنفجارات النووية استونشيوم 89 واسترونشيوم 90 وزوركونيوم 95 وروثينيوم 106 وروثينيوم 193 وسيزيوم 134 وسيزيوم 141 وسيزيوم 144.

وبالإضافة إلى المصادر السابقة ، التي تشكل الجزء الأكبر من تلوث البيئة بالإشعاع ، هناك مصادر أخرى مثل التلفزيون والكمبيوتر والأجهزة الإلكترونية ، كما تشمل المصادر الأخرى ماكينات الأشعة السينية المستخدمة في الصناعة والطائرات ورحلات الفضاء.

ولقياس تلوث الهواء بالإشعاع تستخدم جسيمات الغبار المتراكم أو العالق وقطرات المطر الساقط. ويتم عادة قياس محتوى العينة ، بعد جمعها ، من جسيمات ألفا وبيتا المشعة وكذلك وجود النظائر المشعة الملوثة للهواء مثل الاسترنشيوم – 89 والسيزيوم –137 واليود –131.

٩- التلوث الضوضائى

كان التلوث الضوضائى منذ عدة سنين ، مقتصرا علــي المصـــانع حيـث المحركات والضواغط ذات الضجيج المرتفع. ولكن في أيامنـــا هــذه إنتشــرت الضوضاء في الكثير من المدن والطرق حتي داخل المنازل ، وأصـــبحت تهـدد القدرة علي السمع لدي العديد من الناس ، خاصة بعد سن الخمسين ، حيث يبــدأ ظهور مشكلات ضعف السمع. وكثيرا ما يعاني الذين يسكنون قرب المطارات أو علي إمتداد مدارجها ، من ضجيج الطائرات إقلاعا وهبوطا.

وفي عالمنا المعاصر تزداد شدة الضوضاء NOISE بشكل ملحوظ ، ولم تعد مقتصرة على المدن الكبرى والمناطق الصناعية ، وإنما وصلت إلى الأرياف. واستطاع الإنسان أن يصنع الضوضاء بفضل إنشاء طــرق للســيارات الحديثـة والسكك الحديدية والطائرات والآلات الزراعية والصناعة. كما لم تسلم البيوت من الضوضاء بعد أن سخر الإنسان كل وسائل التقنية الحديثة لرفاهيته مــن راديــو وتلفزيون وأدوات تنظيف وأدوات طبخ وغيرها. لقد تبين أن التعرض للضوضاء يمكن أن يوقع بالإنسان أضرارا بالغة ، كفقد السمع المؤقت أو الدائم والتأثير علي قدرته السمعية.

وللتعرف علي مستويات الضوضاء المختلفة ، يتم قياس مستوي الصــوت بوحدة تسمي (ديسيبل) Decibal dB. وتقاس شدة الصوت بوحدات الديسيبل من المصدر (ذبذبة / ثانية) ، ووحدات الهيرتس أو السيكل للتردد. ولتمييز إرتفــاع الصوت لابد من ذكر عاملين مترافقين وهما شدة الصوت (ديسيبل) والتردد. فمثلا الصوت الذي تبلغ شدته 60 / ديسيبل وتردده 1.000/ هيرتس ، يكون أعلي من صوت شدته 60 / ديسيبل ولكن تردده 100/هيرتس. وتبــدأ الأذن بالإحســاس حيال الصوت من 3 /ديسيبل ، ويصبح ملحوظا إعتبارا من 5/ ديسيبل ، ويبــدأ بكونه مرتفعا إعتبارا من 10/ ديسيبل فما فوق.

وهناك العديد من أنواع الملوثات الأخرى التي لا تحصى في العالم .

من كل ما سبق نجد أن أنواع التلوث البيئي تشتمل على تلـوث الهـواء ، وتلوث الماء ، وتلوث التربة ، الناتج عن المخلفات الصلبة والسـائلة والغازيـة الخطرة والتلوث بالضجيج. وسوف نستعرض بشيء من التفصيل كل مـن هـذه الأنواع فى الأبواب التالية.

الباب الثانى
تلوث التربة

مقدمة

تلوث التربة هو التلوث الذي يصيب الغلاف الصخري والقشرة العلوية للكرة الأرضية والذي يعتبر الحلقة الأولي والأساسية من حلقات النظـام الإيكولـوجي وتعتبر أساس الحياة وسر ديمومتها. ولا شك أن الزيادة السكانية الهائلة التي حدثت في السنوات القليلة الماضية أدت إلي ضغط شديد علي العناصر البيئية فـي هـذا الجزء من النظام الإيكولوجي واستنزفت عناصر بيئية كثيرة نتيجة لعـدم مقـدرة الإنسان على صيانتها وحمايتها من التدهور. فسوء إستخدام الأراضي الزراعيـة يؤدي إلي إنخفاض إنتاجيتها وتحويلها من عنصر منتج إلي عنصر غيـر منـتج قدرته البيولوجية قد تصل إلي الصفر.

يعد تلوث التربة الزراعية من أهم مشكلات البيئة وأكثرها تعقيدا وأصـعبها حلا. وتتعدد مصادر هذا التلوث مثل نفايات ومخلفات المصانع ومبيدات الآفـات والأسمدة الصناعية وكذلك مخلفات المنازل والمباني والمنشآت الأخرى. وتتزايـد مشكلة تلوث التربة الزراعية مع زيادة إنتاج المواد الكيميائيـة واسـتخدامها فـي الزراعة والصناعة ، حيث يؤدي التخلص من هذه المواد إلى تلوث التربة والماء. ويزداد حجم مشكلة التلوث من الصناعة حينما يكون هناك إهمال أو عدم إهتمـام بالتخلص من مخلفات المصانع الكيميائية بالوسائل التي تحافظ على التربة الزراعية والماء من التلوث.

وكما يؤثر تلوث التربة الزراعية سلبا على التوازن البيئي ، وعلى خصوبة الأرض ، فإنه يؤثر أيضا على النبات والحيوان مما ينعكس أثره على الإنسان في

نهاية المطاف. وملوثات التربة عديدة ومن أهم ملوثات التربة الزراعية الصرف الصناعي غير المعالج والنفايات والمخلفات الصناعية واحتراق الفحم وعوادم السيارات. كما أن تنقية مياه الشرب باستعمال الكلور تؤدي إلى تكوين مركبات كلورهيدروكربونية ، وهذه المركبات تعتبر من أهم ملوثات التربة. كذلك فإن التربة تتلوث نتيجة إستخدام الأسمدة الصناعية ، وكذلك نتيجة إختلاط التربة والماء بفضلات الحيوانات والدواجن. كما تتلوث التربة الزراعية خلال عمليات تصنيع بعض المعادن وخاصة في المناطق القريبة من المدن الصناعية. مثال ذلك ما يتم في عمليات صهر النحاس الخام ، حيث يتسرب عنصر الزرنيخ السام والمختلط بالمعدن الخام إلى التربة الزراعية والماء ، إذا لم تكن هناك إجراءات دقيقة لمنع تسربه.

وتتلوث التربة الزراعية أيضا بواسطة المواد التي تترسب من الهواء الجوي في المناطق الصناعية. إضافة إلى المواد المشعة التي تتسرب من مدافنها للتربة الزراعية ثم تنتقل إلى النباتات ومنها إلى الإنسان مباشرة. ومن أخطر المواد الكيماوية الملوثة للتربة تلك التي تستخدم في بعض الصناعات مثل صناعة الورق وتسبب هذه المركبات أضرارا كبيرة للإنسان والحيوانات وللبيئة بصفة عامة. وهناك مركبات الكلوروفينول التي تستعمل في صناعة بعض المبيدات الحشرية ، كما يستخدم بعضها في صناعة الصابون ومزيلات الروائح الكريهة وتعتبر هذه المركبات أيضا من أخطر ملوثات الماء والتربة الزراعية فضلا على تأثيراتها الصحية المدمرة للإنسان حيث تسبب أنواعا معينة من السرطان كسرطان المعدة ، كذلك إضطرابات في الغدد وفي الجهاز العصبي وتلف الكبد وضمور الكلى. وهناك أنواع أخرى من المواد الكيماوية التي تسبب تلوث التربة مثل المبيدات التي تستعمل لمقاومة الآفات التي تفتك بالمحاصيل الزراعية ، حيث تختلط بالهواء ثم تتساقط على التربة. وبعض هذه المبيدات تظل في التربة لفترات طويلة ، وهي تعتبر من أخطر المبيدات على النباتات والطيور والحيوانات والكائنات المائية. وكثيرا ما تؤدى ظروف التخزين غير المناسبة للمبيدات

الزراعية إلى تسربها إلى البيئة المجاورة لموقع التخزين حيث ترشح داخل التربة أو تنشرها الرياح. وفي بعض الحالات يستمر تسرب المبيدات لسنوات طويلة. وقد يؤدى هذا التسرب إلى حدوث تلوث خطر في التربة ، وهو ما يؤثر في المحاصيل الزراعية والماشية ومياه الشرب ، ومن ثم فإن الإنسان الذى يتناولها يتعرض لمخاطر كبيرة. وتتوقف خطورة تسرب المبيدات إلى الأراضي الزراعية على خصائص المبيدات المخزنة ، فبعضها أكثر سمية من غيرها ، وبعضها يتحلل بسرعه إلى مركبات لاضرر منها ، وبعضها يكون صعب التحلل. كما يتوقف الأمر على كمية المبيدات المتسربة والفترة التي إنقضت منذ بداية التسرب. ويترتب على تلوث التربة الزراعية مشكلات بيئية خطيرة ، فالقضاء على العديد من الطيور والحشرات والحيوانات النافقة قد يؤدى لإختلال التوازن البيئي فضلا عن ضعف خصوبة التربة وإنخفاض إنتاج المحاصيل الزرعية.

وتؤثر بعض ملوثات التربة على النبات وتكوينه الطبيعي ، مما يترتب عليه إنخفاض قيمته الغذائية ويمتد الأثر ليشمل الإنسان والحيوان ، حيث يؤدي تلوث المحاصيل الزراعية بالكيماويات الضارة إلى إصابة الإنسان بالأمراض. كذلك تتأثر الثروة الحيوانية بسبب تلوث التربة حيث تصاب الماشية والأغنام والدواجن بالأمراض التي تؤدى إلى إنخفاض الإنتاج الحيواني. وقد حذرت العديد من الدراسات من أن تلوث التربة الزراعية بالكيماويات ومركبات المعادن الثقيلة مثل الزئبق والرصاص والكادميوم يسبب الإصابة بأمراض خطيرة. ومن أجل الحد من تلوث التربة الزراعية ، لابد من وجود إستراتيجية طويلة المدى لتحديد مصادر تلوث التربة الزراعية ومستويات التلوث من المصادر المختلفة ، وقياس معدل تركيز المعادن الثقيلة والمواد الكيماوية وغيرها من الملوثات في التربة ، ومخاطرها الصحية والبيئية المختلفة. كذلك العمل على وضع الخطط والبرامج اللازمة للتحكم في مصادر تلوث التربة ، وزيادة التوعية الإعلامية بمخاطر تلوث التربة على البيئة وعلى صحة الإنسان.

ومن كل ما سبق نجد أن سوء إستغلال الإنسان للتكنولوجيا قد أدي إلي ظهور التلوث الأرضي حيث إن زيادة إستخدام الأسمدة النيتروجينية لتعويض التربة عن فقدان خصوبتها وإستخدام المبيدات الحشرية لحماية المنتجات الزراعية من الآفات أدى إلي تلوث التربة بالمواد الكيماوية وتدهور مقدرتها البيولوجية. كما أن زيادة النشاط الصناعي والتعديني أدى إلي زيادة الملوثات والنفايات الصلبة سواء كانت كيميائية أو مشعة. وتقوم بعض الشركات والهيئات والمصانع فى بعض الدول بإلقاء هذه النفايات علي الأرض أو دفنها في باطن الأرض وفي كلتا الحالتين يكون التأثير السلبي واضح وتؤثر على الإنسان والحيوان والنبات علي المدى الطويل. كما أن تلوث التربة نتيجة إستعمال المبيدات المتنوعة والأسمدة وإلقاء الفضلات الصناعية ينعكس ذلك سلبا على حياة الكائنات الحية في التربة وبالتالي على خصوبتها وعلى النبات والحيوان ، مما ينعكس أثره على الإنسان في نهاية المطاف. ولحسن الحظ توجد كائنات حية تعيش فى التربة تستطيع تكسير المنتجات الكيماوية والمخلفات فى التربة فتعمل علي تقليل تجمع كيماويات زراعية فى التربة. وبعض الكيماويات تزول من التربة بالغسيل أو التبخير. والهدم الحيوى هو أهم وسيلة لإزالة هذه الكيماويات. وقابلية التربة لتكسير الكيماويات تعتمد على نوعية المادة الكيميائية. فبعض المبيدات تختفى بسرعة بينما البعض الآخر مثل مبيد الـ DDT يمكث فى التربة لسنين طويلة.

وهناك عدد من النشاطات البشرية الأخرى التي يمكنها تدمير التربة. فقد يؤدي ري التربة في المناطق الجافة ، مع وجود نظام صرف سيئ ، إلى ترك الماء راكدًا في الحقول. وإذا ما تبخر هذا الماء الراكد فإنه سيخلف الرواسب الملحية من ورائه جاعلاً التربة شديدة الملوحة ، مما يؤثر على نمو المحاصيل. وتؤدي عمليات التعدين والصهر إلى تلويث التربة بالفلزات الثقيلة السامة. كما يرى كثير من العلماء أن في إمكان المطر الحمضي أن يقلل من خصوبة التربة.

وعلى ذلك فإن تلوث التربة هو التدمير الذي يصيب طبقة التربة الرقيقة الصحية المنتجة. فى هذه التربة ينمو معظم الغذاء ولولا التربة الخصبة لما إستطاع المزارعون إنتاج الغذاء الكافي لدعم سكان العالم.

ومن المثير للإهتمام أن بعض الميكروبات قد تأقلمت لكيماويات التربة مما يؤدى لحدوث مشاكل. ومن الشائع أنه يوجد مبيدات حشائش أو حشرات تفقد تأثيرها بسبب ظهور سلالات من الميكروبات تهدم هذه المبيدات بسرعة. ولحل هذا المشاكل يوصى الباحثين والخبراء فى هذا المجال باستخدام المبيدات الحشرية بكمية قليلة مع إستخدام دورات زراعية وكيماوية مناسبة.

وعموما عندما تضاف الكيماويات إلى التربة فإن عدد الكائنات الحية التى يمكن أن تتغذى عليها يرتفع وعلى العكس ينخفض حجم الفلورا الحساسة والنتيجة هو تغير حاد فى محتوي التربة من الكائنات الحية. وفى بعض الأحيان يكون نواتج الهدم سامة أو أكثر سمية من المبيد الأصلى. وعموما فإن تاثير الكيماويات الزراعية على تحور مجتمع التربة من الكائنات الحية وتأثيرها على التربة لم يتضح بعد وضوحا كافيا. تعتمد التربة الصحية على البكتيريا والفطريات والحيوانات الصغيرة لتحليل المخلفات التي تحتويها وإنتاج المغذيات. وتساعد هذه المغذيات في نمو النباتات. وقد تحد الأسمدة والمبيدات من قدرة الكائنات العضوية التي في التربة على معالجة المخلفات. وبناء عليه ، فإن في مقدور المزارعين الذين يفرطون في إستخدام الأسمدة والمبيدات أن يعملوا على تدمير إنتاجية التربة.

وعلى هذا يمكن أن ينتج تدهور لتربة معينة من تراكم ملوثات ذات مصادر متنوعة. وكما ذكرنا سابقا تشمل هذه الملوثات مواد كيماوية زراعية شائعة تستخدم لتحسين خصوبة التربة مثل الأسمدة أو محسنات التربة أو لمقاومة أمراض النبات مثل المبيدات بجميع أنواعها ، والأملاح أو الأيونات السامة أو الميكروبات الضارة فى مياه الرى. وتشمل هذه الملوثات كذلك الغبار السام أو الغبار المشع المتساقط من الهواء الجوى. ومن بين كل هذه المصادر يعتبر الأخير وهو الغبار المتساقط المشع ذو أولوية أقل ، ويجب تجنبه نهائيا وذلك بمنع إنتشار مزيد من التجارب

والإختبارات الذرية فى الهواء الجوى. وقد حدث ضرر محلى نتيجة تساقط مــواد مشعة ناتجة عن عناصر مشعة مثل السـيزيوم 117 و السترنشـيوم 90. فهـذه العناصر يمكن أن تمتص من التربة بواسطة النباتـات وهـى ضـارة للإنسـان والحيوان الذى يستخدم النباتات كغذاء. وعندما تدخل هذه المواد إلى التربة فتصبح جزء منها ومن ثم تؤثر على صور الحياة. ولذلك فمن الضرورى التعرف علـى هذه الملوثات وتفهم تفاعلاتها فى الأرض وكيفية إدارتها والتخلص منها.

والأسباب الرئيسية التى تؤدى إلى تدهور التربة هى :-

١- إستخدام المبيدات والكيماويات على نحو مفرط.

٢- التلوث بالمعادن الثقيلة.

٣- التلوث بواسطة المواد المرسبة من الهواء الجوي في المناطق الصناعية.

٤- التلوث بواسطة الكائنات الحية.

٥- التلوث بواسطة المواد المشعة.

٦- تمليح التربة والتشبع بالمياه (التطبيل) ، فالإستخدام المفرط لمياه الري مع سوء الصرف الصحي يؤدي إلى الإضرار بالتربة.

٧- التوسع العمراني الذي أدى إلى تجريف و تبوير الأراضي الزراعية.

٨- وجود ظاهرة التصحر والقحط وذلك كما هو موضح فى الشـكل (١-٢) ، ويساعد في هذه العملية عدم سقوط الأمطار. كما أن الرياح النشطة قد تعمل أيضا على زحف الرمال إلى الأرضي الزراعية.



شكل ١-٢: مزارع في منطقة بالصين أصابها القحط.

ويعرف تلوث الأرض عادة بأنه أى إضافة أو فقد أو خلل يغير من خواصها وصفاتها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية ويؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على من يعيش فوق سطحها من إنسان ونبات و حيوان. وقد عرف العالم فينى Finney عام 1987 تلوث الأرض بأنه وجود أى مكونات ناتجة عن النشاط الإنسانى فى التربة بتركيزات يمكن أن تؤدى إلى أضرار لمستخدمى هذه الأراضى أو تحد من الإستخدام لهذه الأراضى.

ويحدث تلوث الأرض نتيجة عدم عناية الإنسان عند إستخدامه للأرض. فقد أصبحت الأرض هى الملوث الأساسى للهواء والماء. ويقوم الإنسان بقصد أو بدون قصد بتلويث التربة بسبب إستخدامه للمواد الكيميائية مثل الأسمدة والمبيدات والتى

قد تسبب موت النباتات. هذا بالإضافة إلى إستخدام الإنسان الغير فعال للتربة كوسط للتخلص من المخلفات.

وبسبب مثل هذه العلاقات الداخليه فإن التربة باعتبارها مكون أساسى للبيئة لها دور هام لا يمكن التغاضى عنه فى التحكم فى جودة البيئة المحيطة. والذى يحدد إن كان هذا الدور مفيدا أكثر من كونه ضارا هو طريقة إدارة هذه الثروة من التربة فى المستقبل. وتدهور التربة أو فسادها يمكن أن ينتج من تجمع وتراكم ملوثات من مصادر مختلفة يمكن حصرها فيما يلى :-

أولا: مصادر طبيعية

وهى ذات تأثير مدمر وفجائى للتربة مثل :-

١- البراكين : حيث يؤدى خروج المواد المنصهرة Magma من باطن الأرض إلى سطحها باندفاع شديد إلى دفن التربة الزراعية وتغطيتها بأكوام من الصخور البركانية وبكميات هائلة من الأبخرة والغازات مثل أكاسيد وكبريتات وكلوريدات المعادن المختلفة مما يؤدى إلى تلوث التربة وفسادها.

٢- الزلازل : وهى إهتزازات فى القشرة الأرضية فى مكان ما يؤدى إلى حدوث إنهيارات فى المبانى والجسور وتشقق الطرق وذلك كما فى الشكل (٢-٢) وإنفجار أنابيب المياه والغاز وحدوث حرائق مما يؤدى إلى تلوث التربة والإضرار بما فوقها من نبات وحيوان.

٣- الأعاصير : وهى الرياح السريعة من جهة إلى أخرى مؤدية إلى إقتلاع الأشجار والمزروعات وتجريف وإنجراف ونقل حبيبات التربة وتكوين الكثبان الرملية وردم مصادرالمياه مثل الترع والآبار مما يؤدى إلى دفن أو تلوث وتبوير التربة أو حدوث فياضانات تتلف المزروعات.



شكل ٢-٢: آثار أحد الزلازل القوية الذى تسبب في إحداث صدوع في الشوارع والتي لم تعد صالحة للاستخدام.

ثانيا: مصادر بشرية

و تشمل :-

١- إستخدام مياه ذات نوعية منخفضة ، مثل إستخدام مياه الصرف الزراعى أو الصرف الصحى فى الرى. فالتأثيرات الضارة قد تنتج من زيادة الأملاح وزيادة تركيز الصوديوم أو من الأيونات ذات السمية الحيوية أو الفيروسات التى تصيب الإنسان والحيوان والنبات.

٢- إضافة الأسمدة غير العضوية وأهمها الأسمدة النيتروجينية والأسمدة التى تحتوى على شوائب مثل عنصر الكادميوم والكروم والرصاص.

٣- إستخدام مبيدات الآفات التى تصبح ملوثة للأرض إذا تراكمت أو تجمعت بكميات كبيرة وبشكل يتعارض مع نمو النبات ، حيث أن زيادة المبيد ربما يقلل من نمو النبات أو جودته أو ربما يجعل النبات أو أجزاءه التى تؤكل غير مقبولة أو غير صالحة للإستخدام الآدمى.

٤- إضافة المخلفات الصلبة : وتشمل مخلفات الصرف الصحى وقمامة المدن ومخلفات المصانع. إن المخلفات الصلبة ربما تكون أكثر أشكال التلوث ظهورًا للعيان. ففي كل عام يُلقي الناس ببلايين الأطنان من المخلفات الصلبة وتُسهم المخلفات الصناعية بنصيب وافر من هذه المواد. وتسمى المخلفات الصلبة الصادرة عن المنازل والمكاتب والمخازن المخلفات البلدية الصلبة ، وتشمل الورق والبلاستيك والقوارير والعلب والنفايات الغذائية ونفايات الحدائق. ومن المخلفات الأخرى خُرد السيارات والمعادن وذلك كما فى الشكل (٣-٢) ومخلفات العمليات الزراعية ومخلفات التعدين المسماة نفايات الحُفر. النفايات الصلبة التي تلفظها المنازل والمصانع ، ربما كانت أكثر مسببات التلوث وضوحًا. لقد درجت كثير من المجتمعات على دفن المخلفات في مناطق واسعة مكشوفة تدعى مدافن النفايات.

يمثل تداول المخلفات الصلبة مشكلة في حد ذاته لأن معظم طرق التخلص من المخلفات تعمل على تدمير البيئة. فأماكن النفايات المكشوفة تسيئ إلى الجمال الطبيعي للأرض ، وتوفر مأوى للفئران والحيوانات الأخرى الناقلة للأمراض. وقد تحتوي الأماكن المكشوفة وحُفر الرّدم (مساحات تدفن فيها النفايات) على مواد سامة قد تتسرب إلى المياه الجوفية أو مجاري المياه والبحيرات. ويكوّن الإحتراق غير المراقب للمخلفات الصلبة دخانًا وملوثات جوية أخرى. وحتى حرق المخلفات

في المحارق قد يطلق الكيميائيات السامة والرماد والفلزات الضارة إلى الهواء.

٥- المواد المحمولة فى الهواء : ومن أمثلة هذه المواد الدخان والأتربة الناشئة عن الصناعة والرصاص الموجود فى عادم السيارات. وأيضا الغازات التى تنتج من الصناعة وتصل إلى الأرض عن طريق المطر والذى يسمى بالمطر الحمضى.



شكل ٣-٢: مخلفات خُرد السيارات والمعادن ومخلفات بعض المصانع والمخازن.

وبصفة عامة فهناك أنواع مختلفة من الملوثات الشائعة تصل إلى التربة يمكن حصر أهمها فيما يلى :-

١- المبيدات الكيميائية Chemical pesticides.

٢- الملوثات الغير عضوية Inorganic pollutants.

٣- العناصر الخطرة فى الأراضى Hazardous elements in soils.

٤- التخلص من مخلفات المنازل والمنشئات وغيرها Waste disposal.

٥- المخلفات العضوية Organic wastes.

٦- الأملاح Salts. وقد تدخل الأملاح إلى التربة عن طريق مياه الرى ذات نوعية منخفضة مثل مياه الصرف الزراعى أو مياه آبار مرتفعة فى محتواها من الأملاح.

٧- المطرالحمضى Acid rain. ويتكون المطر الحمضى نتيجة تفاعل غاز NO_2 وغاز SO_2 مع الماء فى الهواء الجوى لإنتاج حامض النيتريك والكبريتيك. هذه الأمطار تسبب غسيل وإزالة القواعد وإحلال الهيدروجين محلها مما يؤدى إلى حموضة التربة.

٨- المواد المشعة Radionuclides. المواد المشعة هى عناصر غير مستقرة لإحتوائها على كمية فائقة من الطاقة ، وتتجه نحو الإستقرار بفقدان الطاقة على هيئة إشعاعات ألفا وبيتا وجاما. هذه المواد المشعة لها أخطار شديدة على الإنسان.

وسوف نناقش فيما يلى بشئى من التفصيل هذه الأنواع من الملوثات.

أولا: التلوث بالمبيدات الكيميائية Chemical pesticides

معظم المبيدات الكيميائية يستخدم فى أغراض الزراعة وهى مركبات عضوية. من المعروف أن هناك حوالى 10000 نوع من الحشرات ، 600 نوع من الحشائش ، 1500 مرض يصيب النبات و 1500 نوع من النيماتود تسبب

أضرار للإنسان والحيوان والنبات. ومنذ الحضارة الإغريقية والكيماويات تستعمل لمقاومة هذه الآفات. ولقد إنتشر إستخدام الكيماويات فى القرن التاسع عشر عندما إكتشف العالم باستير Pasteur أن الميكروبات تسبب الأمراض للحيوان والنبات وأن الكيماويات تستطيع مقاومة هذه الأمراض. إلا أن تخليق المبيدات العضوية أصبح واقعا فى منتصف القرن العشرين ومن ثم إنتشر إستخدام الكيماويات على ناطق واسع.

ويمكن القول أن الثورة الكيميائية قد بدأت حقيقة وذلك عند إكتشاف خصائص مركب الـ DDT المبيدة للحشرات سنة 1939 وقدرة مركب 2,4-D على إبادة الحشائش سنة 1941. فهذه الكيماويات لها القدرة على قتل الحشرات وليست ذات تكلفة عالية. ومنذ إكتشافهما فإن عشرات الآلاف من المركبات الكيميائية قد ظهرت واختبرت وأمكن إستعمالها.

تقسم المبيدات عادة حسب نوع مجموعة الآفات إلى :-

١- مبيدات حشائش Herbicides.

٢- مبيدات حشرية Insecticides.

٣- مبيدات نيماتودية Nematodes.

٤- مبيدات فطرية Fungicides.

٥- مبيدات قوارض Rodenticides.

وغالبا ما تأخذ هذه الأنواع المختلفة من المبيدات طريقها إلى الأراضى. وحيث أن الأنواع الثلاثة الأولى تستخدم على نطاق واسع فتعتبر أهم ملوثات التربة ويجب أخذها فى الإعتبار أولا.

أ- مبيدات الحشائش Herbicides

هناك العديد من هذه المبيدات تستخدم حاليا وتشمل مجموعة الترياازين Triazines ، فينيل يورياز Phenylureas ، أحماض اليفاتية Aliphatic ، الكرباماات Carbamates ، والداى بيريديل Dipyridyls. وتختلف هذه المركبات الكيميائية العديدة فى خواصها. ويلاحظ أن مبيدات الحشائش بصفة عامة قابلة للتحلل ومعظمها ذات سمية منخفضة للثدييات وبعضها سام للأسماك وربما للحياة البرية. وعموما يجب أخذ التأثيرات الغير مباشرة للمبيدات المستعملة فى الإعتبار.

ب- المبيدات الحشرية Insecticides

معظمها ينتمى إلى ثلاث مجاميع عامة ، وتشمل الهيدروكربونات المكلورة Chlorinated hydrocarbons مثل الـ DDT والذى كان إستخدامه على نطاق واسع حتى عام 1970. فمقاومته للتحلل وسميته للطيور والأسماك أدى إلى تحديد أو منع إستخدام هذه المركبات. أما مجموعة مبيدات الفوسفات العضوية Organophosphate فهى بصفة عامة قابلة للتحلل و لذلك فهى لا تتجمع فى الأراضى أو المياه. ولسوء الحظ فهى أكثر سمية على الإنسان عن الهيدروكربونات المكلورة ، ولذلك يجب العناية والتعامل مع هذه المبيدات بحرص شديد. أما مجموعة الكربامات Carbonates فهى شائعة الإستخدام ومعروف أنها قابلة للتحلل وأقل سمية للثدييات نسبيا.

جـ - المبيدات النيماتودية Nematocides

بالرغم من أنها غير شائعة الإستعمال فبعضها معروف أنه من ملوثات التربة والمياه المنصرفة من هذه الأراضى ، فمثلا بعض الكارباماات Carbamates المستعملة كمبيدات نيماتودية القابلة للذوبان فى الماء لا تدمص فى التربة وبالتالى قابلة للغسيل إلى المياه الجوفية.

د- المبيدات الفطرية Fungicides

وتستخدم غالبا لمقاومة أمراض الحقل للفواكه والخضروات ويستخدم بعضها أيضا لحماية محاصيل الفاكهة والخضروات من التحلل والتعفن والخشب من التحلل والملابس من العطن. ويستخدم حاليا المواد العضوية مثل داى ثيوكرباماتات Dithiocarbamates والفوسفات العضوية Organophosphates.

ولتفهم كيفية تلوث التربة بالمبيدات فمن الأهمية إستعراض نبذة عن تفاعلات ومصير هذه المبيدات فى التربة. من المؤكد والمعروف أن جزء كبير من المبيدات يصل إلى التربة بغض النظر عن طريق الإستخدام سواء برش النباتات أو إضافتها إلى سطح التربة. وبوصول هذه المواد الكيميائية إلى التربة يمكن لها أن تتحرك فى واحد أو أكثر من الإتجاهات التالية :-

١- تتطاير أو تنطلق Vaporize إلى الجو بدون أى تغيير كيماوى.
٢- تدمص Adsorbs على سطوح معادن الطين و المواد الدبالية (الهيومس).
٣- تتحرك خلال قطاع التربة وقد تفقد بالغسيل.
٤- تتفاعل كيميائيا مع سطوح حبيبات التربة.
٥- تتحلل breakdown بواسطة الأحياء الدقيقة.
٦- تمتص بواسطة النبات Plant absorbation.

وفيما يلى ملخصا للعمليات المختلفة التى تؤثر على المبيدات كمواد كيميائية عضوية فى التربة :-

١- بالنسبة لتطاير Volatility المبيد فقد وجد أن المبيدات تختلف إختلافا كبيرا فى مقدرتها على التطاير وبالتالى فقدها فى الجو. فمثلا بعض معقمات التربة Soil funigants مثل بروميد الميثيل Methyl bromide يتم إختبارها على أساس الضغط البخارى المرتفع الذى يسمح للمادة أن تخترق مسام التربة للقضاء

على الآفات الموجودة بها وهذه الخاصية تساعد على أن يفقد المبيد بالتطاير بعد معاملة التربة به ما لم تكن التربة مغطاة. ويوجد القليل من مبيدات الحشائش والمبيدات الفطرية التى تملك خاصية التطاير مثل Trifluralin. وعموما فالمبيدات التى تفقد فى التربة بالتطاير تعود إليها ثانية أو تسقط على المياه بواسطة الأمطار.

٢- أما بالنسبة للإدمصاص على سطح التربة Adsorption فإن إدمصاص المبيدات على سطوح التربة يتوقف على التركيب الكيميائى للمبيد وخصائص التربة المضاف إليها. فوجود مجاميع NH_2– و OH- و NHR- و $CONH_2$- فى التركيب الكيماوى للمبيد يساعد على إدمصاص هذه المبيدات على غرويات التربة وخاصة الدبال Humus. أيضا بعض مبيدات الحشائش مثل Paraquat تحتوى على مجاميع موجبة الشحنة وينتج عن ذلك إدمصاصها على سطوح معادن الطين. وإدمصاص المبيدات على سطوح الطين يتوقف على الرقم الهيدروجينى للتربة فيزيد الإدمصاص بانخفاض الرقم الهيدروجينى (pH) لأن إضافة أيونات (H^+) إلى المجاميع النشطة مثل NH_2– يؤدى إلى إكتساب مبيد الحشائش شحنة موجبة وبالتالى يدمص على سطوح غرويات التربة ذات الشحنة السالبة.

٣- لقد وجد بالدراسة أن فقد المبيد من التربة عن طريق الغسيل Leaching يتوقف على درجة ذائبية المبيد ودرجة إدمصاصه على سطوح غرويات التربة. فالمبيدات ضعيفة الإدمصاص على غرويات التربة تكون عرضة للفقد بالغسيل عن المبيدات قوية الإدمصاص الغير قابلة للتحرك فى قطاع الأرض. كذلك فقد المبيدات فى الأراضى الرملية أسهل من فقدها فى الأراضى الزراعية الطينية أو تلك التى تحتوى على نسبة كبيرة من المادة العضوية. وعموما فإن مبيدات الحشائش تكون أكثر حركة Mobile من المبيدات الفطرية أو الحشرية. وقد أدى إستخدام مبيدات الحشائش بكثرة إلى تلوث الماء الجوفى Ground water فى بعض المناطق.

٤- أما بالنسبة لتأثير بعض التفاعلات الكيميائية Chemical reactions على المبيد فمن المعروف أن بعض المبيدات يحدث لها تغير كيميائى عن طريق التحلل الضوئى Photo de composition البطئ والذى ينشط بواسطة الإشعاع الشمسى. وهذا التحلل الضوئى يحدث بدون تدخل الكائنات الدقيقة فى التربة ومثال ذلك مبيد الحشائش Atrazine والمبيدات الحشرية الفوسفاتية التى يحدث لها تحلل مائى ومن ثم تدهورها Degradation فى التربة.

٥- وبالنسبة للتحلل البيوكيميائى Biochemical degradation للمبيد فقد وجد بالدراسة أن التحلل البيوكيميائى للمبيدات بواسطة ميكروبات التربة يعد أو يعتبر أهم طريقة يتم التخلص بها من المبيدات فى التربة. فبعض المجاميع القطبية التى توجد على جزئ المبيد مثل NH_2– و OH– و COO– تمثل نقط ضعف تهاجم من خلالها بواسطة ميكروبات التربة. والمبيدات التى تتحلل بسهولة بواسطة ميكروبات التربة هى المبيدات الحشرية الفوسفاتية مثل Parathion وأغلب المبيدات الفطرية وإن كان تحللها بطيئا. وعلى العكس من ذلك نجد أن Chlorinated hydrocarbons مثل الـ Aldrin والـ DDT يكون تحللها بطيئا جدا فى التربة.

٦- أما بالنسبة لإمتصاص المبيد بواسطة النبات Plant absorbation نجد أن النباتات تمتص معظم مبيدات الحشائش حيث أن هذه العملية ضرورية لكى يكون المبيد فعالا. والمبيد الممتص بواسطة النبات قد يبقى داخله أو قد يتحلل وبعض نواتج التحلل تكون غير ضارة للانسان أو للحيوان. وفى بعض الأحيان تكون نواتج التحلل سامة أو حتى أكثر سمية من المبيد الأصلى. وبقايا المبيدات خاصة فى أجزاء النبات التى تؤكل مثل ثمار الفواكه والخضروات وغيرها تمثل خطرا على صحة الإنسان.

ونظرا لوجود إختلافات كبيرة فى تركيب هذه المبيدات فإن بقاء أو مصير هذه المبيدات فى التربة يتحدد تبعا للتركيب الكيميائى لكل مبيد. إن ثبات المبيدات فى التربة هو محصلة جميع التفاعلات والتحركات والتحلل التى تؤثر على هذه

المواد الكيميائية. وتختلف هذه المبيدات فى ثباتها فى التربة فمثلا المبيدات الفوسفاتية العضوية Organophosphate ومن أمثلتها مركب مبيد الباراثيون Parathion قد تظل عدة أيام فقط فى الأراضى. كما أن مبيدات الحشائش 2,4-D قد تظل لأسابيع قليلة (2-4 أسابيع) بينما مركب مبيد الـ DDT ومركبات مبيدات الهيدروكربون الأخرى قد تظل ثابتة لمدة تتراوح بين 2-5 سنوات أو أكثر.

ومعظم المبيدات تتحلل بسرعة كافية لتمنع تراكمها فى الأراضى. أما المبيدات التى تقاوم التحلل فلها آثار ضارة على البيئة واستمرار إستخدام نفس المبيد فى نفس الأرض يمكن أن يزيد من معدل التحلل الميكروبى للمبيد. وتعتبر هذه الظاهرة ميزة بالنسبة لجودة البيئة. ولكن هذا التحلل قد يصبح سريعا بدرجة كافية للتقليل من فعالية مبيد الحشائش. ويمكن تقليل مستوى فعالية المبيدات فى الأراضى عن طريق إضافة مواد عضوية سهلة التحلل أو إضافة كمية كبيرة من الأسمدة العضوية الحيوانية ، حيث أن هذه المواد تشجع على تدهور فعالية المبيدات عن طريق زيادة النشاط الميكروبى. كما أنه يمكن زراعة بعض المحاصيل التى لها القدرة على تجميع Accumulate المبيدات أو تساعد على غسيل التربة. ولسوء الحظ فإن هذه الأساليب لا تمنع المشكلة نهائيا وإنما تنقلها من التربة إلى مكان آخر.

ولقد أثبتت التجارب والدراسات أن إضافة المبيدات للتربة يؤثر على العمليات الحيوية التالية :-

١- عملية النشدرة Ammonification.

٢- عملية التأزت Nitrification.

٣- عملية الدنترة Denitrification.

٤- تثبيت النيتروجين Nitrogen fixation.

وفيما يلى سوف نناقش تأثير المبيدات المضافة للتربة على هذه العمليات الحيوية :-

١- عملية النشدرة هى أول خطوة فى معدنة النيتروجين العضوى ، أى يتحول النيتروجين العضوى إلى نيتروجين أمونيومى. وتــتم هــذه الخطــوة بواســطة الميكروبات الرمية saprophytes الموجودة فى التربة.

ولقد أشارت كثير من الدراسات إلى أن المركبات النشادرية تتراكم فى التربة المعاملة بالمبيدات مقارنة بالتربة الغير معاملة. فلقد وجــد أن إســتعمال مركــب الـــ DDT بالمعدل الحقلى أو مركب الألدرين Aldrin بمعدل ثــلاث أضــعاف المعدل الحقلى لم يؤثر على هذه العملية فى الأرض. ومن ناحية أخرى فقد وجد أن إستخدام مبيد الـــ Chloropyrifos له تأثير مشجع على عملية النشدرة. ومن ذلك نستنتج أن تأثير عملية النشدرة لم يكن كبيرا ويرجع ذلك إلى أن العملية يقوم بهــا ميكروبات متنوعة.

٢- عملية التأزت Nitrification وفى هذه العملية يتأكسد الأمونيوم إلى نيتريت ثم نيترات. وتتم هذه العملية بميكروبات متخصصة و لذا تتأثر بشدة بالمبيدات. فلقد وجد أن مركبات اللندان Lindane والكلوريدان Choridan والألدرين Aldrin لها تأثير مثبط فى البداية ثم يقل التأثير تدريجيا بمرور الزمن. ولقد وجــد أيضــا الهيبتاكلور يقلل عملية التأزت لمدة حوالى 8 أسابيع وبعد حوالى 16 أسبوع يتزايد معدل العملية ويختفى التأثيرالسام. وبزيادة محتوى المادة العضــوية فــى التربــة ودرجة الحرارة وعند درجة حموضة (pH) متعادلــة يقــل التــأثيرالمثبط لهــذه المبيدات. ولقد أثبتت بعض الدراسات أن هناك بعض المبيدات تثبط عملية أكســدة نيتريت إلى نيترات مثل مبيد الهيبتاكلور Heptachlor والكلوريدان Chloridan.

٣- عملية الدنترة Denitrification وهى إختزال النيترات إلى نيتريت وأكسيد نيتروز ثم النيتروجين الذى يفقد من التربة إلى الجو مما يسبب فقد الأسمدة النتراتية وإنخفاض الكفاءة السمادية وتلوث الهواء الجوى. وتتــأثر هــذه العمليــة بــبعض

المبيدات التى تثبطها وبالتالى تقلل فقد النيتروجين خاصة فى حقول الأرز ومن ثم يزداد نمو النبات ويزداد المحصول ومن أهم هذه المبيدات هو الألدرين Aldrin.

٤- بالنسبة لتثبيت النيتروجين Nitrogen fixation فقد وجد أن معاملة بذور البقوليات بالمبيدات الحشرية لتحسين الإنبات ومقاومة بعض الحشرات مثل ذبابة الفول ونمل البذور أدى إلى تلف البكتيريا التى تكون العقد الجذرية فى التربة ، حيث لوحظ إنخفاض كبير فى محصول الفول والبسلة عند تركيزات منخفضة من مبيد الـ DDT ومبيد اللندان Lindane ولم يكن هناك تأثير واضح على تثبيت النيتروجين الجوى بواسطة بكتيريا الأزوتوباكتر Azotobactor. وبالإضافة إلى ذلك فلقد وجد أن اللندان مبيد Lindane أدى إلى زيادة أعداد مثبتات النيتروجين الغير هوائية وهى بكتيريا الكلوستريديم *Clortridium pasterianum* فى الأراضى المغمورة. وفى دراسة أخرى وجد أن مبيد الكلوروبيروفس Cloropyrifos أدى إلى تثبيط محدود لعملية تثبيت النيتروجين فى الأرض المعاملة بهذا المبيد.

ثانيا: التلوث بالمركبات غير العضوية السامة

Inorganic Toxic Compounds

تتلوث التربة بالعديد من المركبات الكيميائية الغير عضوية السامة للإنسان والحيوان. وتختلف سمية هذه المركبات فيما بينها فنجد أن المركبات التى تحتوى على عنصر الكادميوم Cadmium أو الكروم Chromium أو الزرنيخ Arsenic أو الزئبق Mercury تعتبر عالية السمية. أما المركبات التى تحتوى على رصاص أو نيكل أو موليبدنوم أو فلور تعتبر متوسطة السمية. فى حين أن المركبات المحتوية على بورون أو نحاس أو منجنيز أو زنك تعتبر منخفضة

السمية نوعا ما. وجميع العناصر السابق ذكرها تعتبر من المعادن الثقيلة Heavy metals ما عدا البورون والفلور.

والمعادن الثقيلة هى مكونات طبيعية للبيئة ويمكن أن تصل إلى التربة والهواء والماء فى كميات متزايدة. فعلى سبيل المثال ، النحاس والمنجنيز والزنك تعتبر عناصر غذائية صغرى حيث أنها ضرورية ويحتاجها النبات والحيوان بكميات صغيرة. ويمكن مع ذلك أن تكون مضرة لو أخذها النبات أو الحيوان بكميات كبيرة. إلا أن هناك معادن ثقيلة لا تعتبر مغذيات ضرورية. وإصطلاح المعادن الثقيلة Heavy metals شائع الإستعمال ويرجع إلى المعادن التى كثافتها أكبر من قيمه معينة وعادة $5\ gm/cm^2$ أو 6 (جم اسم٢).

وهناك الكثير من المعادن الثقيلة التى تعتبر من مخلفات الصناعة ومنها الزرنيخ Arsenic (As) والكادميوم Cadmium (Cd) والكروم Chromium (Cr) والنحاس Copper (Cu) والرصاص Lead (Pb) والزئبق Mercury (Hg) والنيكل (Ni) والزنك Zinc (Zn) وتعتبر الأشد والأكثر ضررا للنباتات والحيوانات. والمعادن الخطرة Hazardous metals هى عادة التى لها كثافة عالية High density بصرف النظر عن مصدرها.

أما التعبير عناصر خطرة Hazardous element فيستعمل فى حالة المعادن Metals وغير المعادن Nonmetals. وجميع الأطعمة والمياه التى تحتوى المواد المعدنية والغير معدنية فى تركيزات عالية – سواء كانت من مصدر طبيعى أو صناعى – يمكن أن تكون ضارة harmful للإنسان والحيوان.

ثالثا: التلوث بالعناصر الخطرة فى الأراضى

Hazardous elements in soils

تختلف تركيزات العناصر التى تعتبر ضارة فى قشرة الأرض Earth's crust باختلاف أنواع الصخور. وبسبب تأثر خصائص الأراضى بمادتها الأمية Parent material فتختلف تركيزات هذه المعادن فى الأراضى

أيضا. وتستقبل الأراضى أيضا العناصر الكيميائية من البراكين النشطة مثل الزرنيخ والفلورين والزئبق والسلينيوم ، وهى تعتبر عناصر ضارة.

كما يعتبر أيضا إنبعاث المعادن إلى البيئة كنتيجة لنشاط الإنسان مصدرا آخر لتلوث الأراضى بهذه العناصر. وإلقاء مخلفات المدن للتخلص منها هو من أهم مصادر تلوث الأراضى الناتجة أيضا من النشاط الإنسانى. فكمية كبيرة من المعادن يتم التخلص منها كمخلفات صلبة بدفنها فى الأراضى. وتأثيرات المواد المنبعثة من الصناعة تعتمد على طبيعتها. والمخلفات الصلبة الناتجة من عملية التعدين Mining لها تأثير محلى فتصبح مصدر لتلوث الأراضى المحيطة بالمناجم. فمثلا مناجم الرصاص والزنك ينبعث منها عنصر الكادميوم إلى الأرض المحيطة وذلك راجع إلى إحتواء معادن الرصاص والزنك الخام على عنصر الكادميوم. كما أن مناجم النحاس تعتبر مصادر هامة لتلوث التربة بعنصر الزرنيخ. بينما الإنبعاثات الناتجة إلى الجو من عملية التعدين والتنقية يمكن أن تلوث مساحات كبيرة من الأراضى نتيجة لإنتقالها من مكانها بواسطة الرياح. كما أن المعادن المتواجدة فى مخلفات الصرف الصحى Sewage sludge قد تتوزع على الأراضى الزراعية أكثر من التى تدفن فى الأرض نتيجة إستخدامها فى أغراض الزراعة.

وتعتبر الحمأة Sludge مصدر هام للعناصر الغذائية والمادة العضوية ولكنها قد تحتوى على العديد من المواد الغير عضوية السامة بالإضافة إلى بعض الملوثات العضوية والمبيدات. ولقد أوضحت التحليلات الكيميائية أن الحمأة الناتجة من الصرف الصناعى تحتوى على ملوثات غير عضوية بتركيزات أعلى من الحمأة الناتجة من الصرف الصحى. وتعتبر العناصر الكادميوم (Cd) والنحاس (Cu) والنيكل (Ni) والزنك (Zn) من أهم العناصر التى تسبب مشاكل فى الإنتاج الزراعى عند إضافتها للتربة كمخصب. وتعتبر الحمأة المضافة للأراضى هى المصدر الرئيسى للعناصر الثقيلة فى التربة نتيجة لإرتفاع تركيز هذه العناصر فى الحمأة. كما أن الممارسات الزراعية من أهم مصادر تلوث التربة بالعناصر

الخطرة. فالأسمدة الكيماوية التى تستخدم فى تسميد الأراضى الزراعية قد تحتوى على الكثير من العناصر الخطرة كشوائب فى الأسمدة مثل الزنك (Zn) والفانديوم (V) واليورانيوم (U) والحديد (Pb) والموليبيدنيم (Mo) والكروميوم (Cr) والكادميوم (Cd). كما أن إستخدام مياه الصرف فى الرى تعتبر مصدر آخر نتيجة إحتوائها على الكثير من هذه العناصر مثل الزنك Zn والرصاص Pb والنحاس Cu والنيكل Ni والكادميوم Cd. وبالإضافة إلى ذلك فالمبيدات التى تستخدم فى مقاومة الآفات قد تحتوى على عناصر النحاس Cu والمنجنيز Mn والرصاص Pb الزئبق Hg الزرنيخ As. كما أن الأسمدة العضوية المصنعة من المخلفات compost قد تكون مصدرا للتلوث بعناصر الزنك Zn والرصاص Pb والنيكل Ni والنحاس Cu والكادميوم Cd.

رابعا: التلوث نتيجة التخلص من المخلفات Waste disposal

قد يقتضى الأمر التخلص من مخلفات الصرف الصحى الصلبة ومخلفات الصرف الصناعى ومخلفات المنازل وذلك بطرق عديدة منها الدفن فى الأرض فى حفر. وهذا يمكن أن يؤدى إلى تلوث التربة بعناصر خطرة مثل الزنك Zn والمنجنيز Mn والرصاص Pb والنحاس Cu والكادميوم Cd وانتشارها فى التربة والمياه الجوفية والسطحية نتيجة التسرب من هذه الحفر على شكل مركبات سهلة الذوبان والحركة خلال قطاع الأرض. كما أن حرق المخلفات يمكن أن يؤدى إلى إنبعاث ايروسولات عنصرى الكادميوم والرصاص قد يؤدى إلى تلوث التربة نتيجة إنتقالها بواسطة الهواء حيث يمكن أن تنتقل إلى مسافات كبيرة عن مصدر التلوث ثم ترسيبها على الأراضى. كما أن إحتراق الوقود الحفرى (الفحم - البترول) والغازات المنبعثة من عوادم السيارات وغيرها يمكن أن يكون مصدرا لتلوث الأراضى بالعناصر الخطرة.

خامسا: التلوث بالمخلفات العضوية Organic waste

إن ملايين الأطنان من المخلفات العضوية (الأسمدة الناتجة من حيوانات المزرعة ومخلفات التصنيع الزراعى والأسمدة العضوية الصناعية Compost) يتم إضافتها للتربة سنويا ، نظرا لمقدرة هذه المخلفات على تحسين صفات التربة الفيزيائية والكيميائية وبالتالى زيادة المحصول ، و لكن الإضافات المتزايدة من هذه المخلفات يمكن على المدى الطويل أن يكون لها أثر سيئ على كمية المحصول وأيضا يؤدى إلى تلوث التربة والماء. ومن المعروف أن الإضافات المتزايدة من الأسمدة العضوية تعمل على تجمع النترات فى التربة. وأيون النترات يكون عرضة للفقد بواسطة الغسيل مما يؤدى إلى تلوث الماء الجوفى الذى قد يستخدم كمياه للشرب بواسطة الحيوان والإنسان.

سادسا : التلوث بملوحة الأرض Soil salinity

تلوث الأراضى بالأملاح هو أحد أشكال تلوث الأراضى نتيجة الإستخدام الزراعى. وهو ليس بمشكلة جديدة فالحضارات القديمة فى العالم القديم أو الحديث، قد إندثرت Crumbled بسبب تجمع الأملاح فى أراضيها المروية. ونفس الأسس تحكم إدارة الأراضى المروية اليوم ، ونفس الأخطار تنشأ من تجمع الأملاح وحدوث تدهور للتربة.

وتتجمع الأملاح فى الأراضى بسبب دخول أملاح كثيرة إلى منطقة جذور النباتات عن الأملاح التى تخرج من هذه المنطقة وهذا قد يرجع إلى إستخدام مياه رى غنية بالأملاح أو قد يكون بسبب الرى لأراضى فقيرة فى الصرف. وترتفع الأملاح إلى أعلى من الآفاق السفلى وتتركز فى الطبقات السطحية للأرض.

وتجمع الأملاح من الماء الجوفى فى الطبقة السطحية من قطاع الأرض هو محصلة لعمليتين ، الأولى صعود الماء من مستوى الماء الجوفى إلى السطح والثانية فقد الماء بالبخر ومشكلة تجمع الأملاح فى الأراضى ووديان النهر شائعة فى العالم كله. مثال ذلك أراضى وديان نهر النيل فى مصر ونهر الفرات فى

العراق. وفى كل الأحوال تركيز الأملاح فى المياه تزيد فى مصب النهر عنه فى المنبع. وكثير من هذه الزيادة ترجع إلى تدفق مياه الصرف للمساحات المروية على جانبى النهر إلى النهر.

واستخدام ماء ملحى فى الرى شائع فى الأراضى المستصلحة بمصر نتيجة إستخدام مياه الصرف فى الرى. ومن أوضح الأمثلة مشروعات إدكو والقصبى التى تأخر إستصلاحها لهذا السبب. كما أن مساحات كبيرة من أراضى القطاع الشمالى لمديرية التحرير زادت بها نسبة الأملاح بعد زيادة نسبة الأملاح فى ماء الرى الذى إختلط به ماء الصرف. كما أن مياه الآبار فى الساحل الشمالى الغربى عالية الملحية.

ولقد وجد أيضا أن إضافة الحمأة Sludbges إلى التربة كمخصب يؤدى إلى زيادة تركيز الأملاح فى التربة ويسبب ضرر للنبات المنزرع.

ويمكن تلخيص المظاهر التى تدل على تجميع الأملاح فى الأراضى كما يلى :-

١- تزهر الأملاح أو تكون قشرة منها على سطح الأرض وعلى حواف خطوط الرى وقنواته.

٢- وجود بقع خالية من النباتات أو بها نباتات ضعيفة النمو.

٣- تجمعات حبيبات التربة سريعة التفرق فى الماء.

٤- الأرض فقيرة فى الدبال.

٥- الطين سريع الإلتصاق.

٦- الأرض الصودية غير الملحية ذات حبيبات مفرقة وبناء غير ثابت فى الماء وتكون مرنة وتلتصق فى الحالة الرطبة وصلبة مندمجة فى الحالة الجافة.

٧- يوجد نباتات معينة تدل على ملحية الأرض.

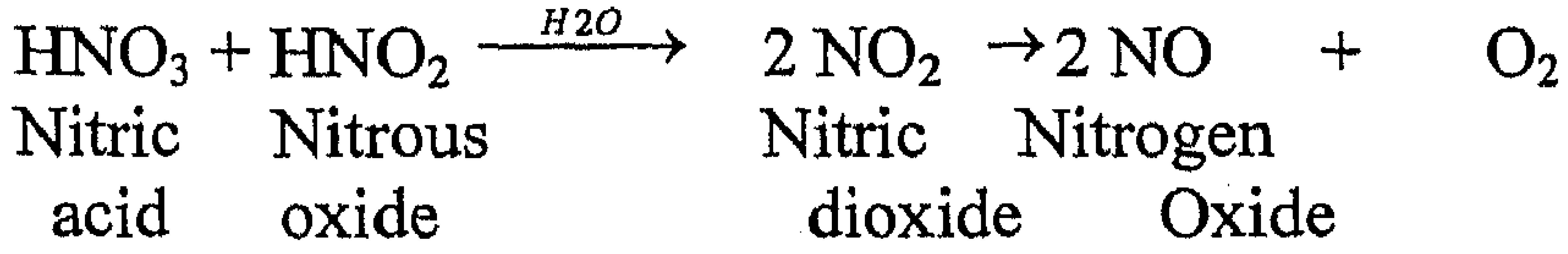
٨- رقم الـ pH الأعلى من 8.5 دليل جيد على صودية الأرض.

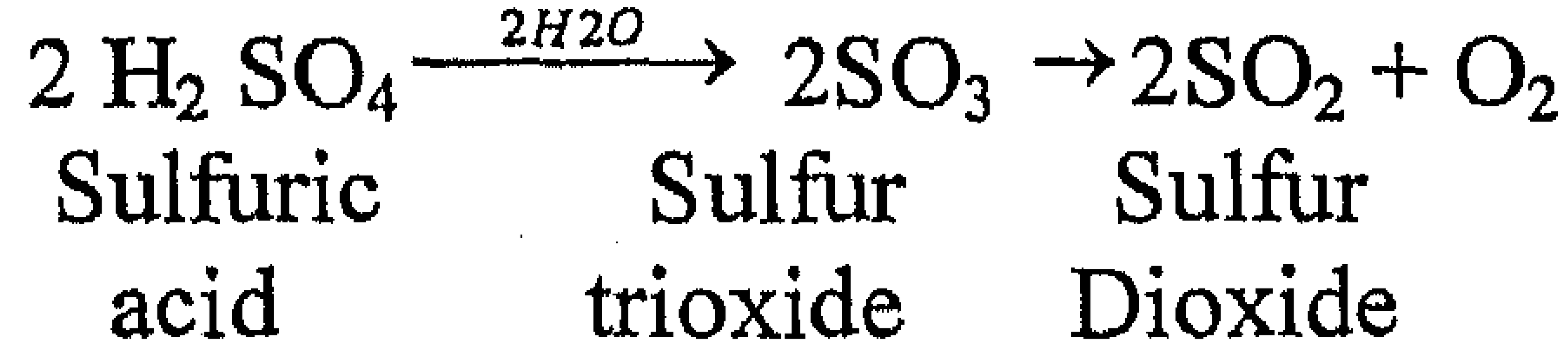
ومقاومة الملوحة تعتمد غالبا وكلية على نوعية وإدارة المياه. وفى كثير من المساحات فإن إزالة الماء الزائد يسلتزم إنشاء نظام صرف جيد . كما يمكن إضافة الكبريت أو الجبس للمساعدة فى التخلص من بيكربونات الصوديوم السام. وعند إستخدام الكبريت أو الجبس فيلزم إدارة جيدة للمياه بعد المعاملة الكيميائية للأرض.

سابعا: التلوث نتيجة المطر الحمضى Acid rain

لقد إستخدم إصطلاح المطر الحمضى فى القرن التاسع عشر لوصف المطر فى الجزء الصناعى من شمال غرب إنجلترا الذى يحتوى على ملوثات حامضية. وبعد ذلك أصبح معروفا أن ترسيبات غازات وأملاح معينة من الجو تسبب أيضا حموضة. والأخير يسمى بالترسيب الجاف Dry deposition .

والأحماض التى تسبب حموضة للمطر هى حمض الكبريتيك والنيتريك والهيدروكلوريك وأهمها حامض الكبريتيك وحامض النيتريك ومصدرها الأساسى محطات القوى بينما حرق الفحم والزيوت فى محطات القوى وصهر خامات المعادن المحتوية على الكبريتيد Sulphide تنتج ثانى أكسيد الكبريت SO_2 والذى ينبعث فى الجو. والرقم الهيدروجينى للأمطار فى المناطق الغير ملوثة هوائيا هو 5.6 وذلك لتكون حامض الكربونيك من ثانى أكسد الكربون الجوى. وتلوث الهواء بالنيتروجين والغازات المحملة بالكبريت المتصاعد من المصانع ومحطات الكهرباء يؤدى إلى خفض pH الأمطار فى هذه المناطق إلى 4 أى أن تلوث الهواء بالغازات يؤدى إلى زيادة حموضة الأمطار ولذلك يطلق عليه المطر الحمضى Acid rain. وعلى ذلك فالمطر الحمضى هو ناتج أكسدة الغازات المحملة بالنيتروجين والكبريت وذوبان نواتج الأكسدة فى بخار الماء الجوى ليكون حمض النيتريك والكبريتيك كما فى التفاعلات التالية :-





يعتقد بعض العلماء أن المطر الحمضى هو السبب فى زيادة حموضة مياه بعض البحيرات وحيث أن الأسماك لا تتحمل درجات الحموضة المنخفضة ($pH < 4.5$) فالنتيجة هو تناقص أعداد الأسماك فى هذه البحيرات. والحقيقة أن تأثير المطر الحمضى على المياه أكبرمن تأثيره على الأتربة وذلك للقوة التنظيمية Buffering capacity لها. و لكن إستمرار تساقط الأمطار الحمضية بدرجة كبيرة سوف يكون له تأثير معنوى على درجة حموضة التربة (pH) وبالتالى خصوبتها خاصة فى الأراضى الحامضية حيث أن زيادة الخصوبة سوف يجعلها أقل حموضة.

و يمكن الحد من تأثير المطر الحمضى عن طريق :-

١- خفض كميات الغازات الحاملة للنيتروجين والكربون والمتصاعدة من المصانع ومحطات الكهرباء.

٢- إضافة كربونات الكالسيوم Lime إلى التربة الحمضية.

عموما قد يكون إستخدام الطريقتين معا هو أفضل الحلول للحد من الأثر الناشئ عن المطر الحمضى.

ثامنا: التلوث الناتج عن النظائر المشعة Radio nuclides

إن تلوث البيئة بالنظائر المشعة له أخطار شديدة على الصحة العامة عند التعرض للإشعاعات الذرية الناتجة عن هذه العناصر. والخطر ليس من هذه

العناصر نفسها ولكن الخطر يرجع إلى الإشعاعات Radiations التى تنبعث من هذه العناصر (ماعدا عنصر البلوتونيوم Plutonium الذى يسبب تسمم الحيوانات). وبعض هذه العناصر يتواجد فى الطبيعة وتتعرض لإشعاعاتها الكائنات الحية ولكن الجرعات من هذه الإشعاعات ليست ضارة. إلا أنه قد ينتج خطر للعاملين فى المجالات النووية حيث يحدث تراكم نتيجة دخول هذه العناصر فى الدورة الحيوية. فعلى سبيل المثال ، كيمياء عنصر الاسترنشيوم Strontium يتشابه مع كيمياء الكالسيوم ، ولذلك فالنظائر المشعة لعنصر الاسترنشيوم تتجمع مع الكالسيوم فى العظام ، حيث ينبعث منها إشعاعات.

والنظائر المشعة هى نظائر غير مستقرة حيث يحدث لها تحلل إشعاعى. وكما سبق القول فهى تتواجد طبيعيا فى الهواء والصخور والأراضى والنباتات بتركيزات يمكن قياس إشعاعها. و بعض هذه النظائر قد تنتج صناعيا كما فى حالة إختبارات الأسلحة النووية. والإشعاعات التى تصدر من هذه العناصر هى أشعة ألفا (α) وبيتا (β) وجاما (γ).

وتلوث الأراضى بالنظائر المشعة مصدره الأساسى هو إختبارات الأسلحة النووية والحوادث التى تحدث فى محطات الطاقة النووية وعدم التخزين والتخلص الجيد من النفايات النووية. والعناصر المشعة تسلك فى التربة نفس التفاعلات التى تسلكها العناصر الغير مشعة فى التربة. فإدمصاصها فى التربة يعتمد على :-

١- خواص الأيونات فى المحلول.

٢- كمية أكاسيد الحديد والمنجنيز والألومنيوم ومعادن الطين السلكاتية المختلفة.

٣- كمية وطبيعة المادة العضوية الموجودة.

و ظروف الإختزال ودرجة الــ pH قد تؤثر على خواص الإدمصاص للتربة كما تؤثر أيضا على الصورة الأيونية لبعض العناصرالمشعة فى المحلول. فالعنصر المشع الأكثر إرتباطا بالتربة هى الأقل إمتصاصا بالنباتات وأقل قابلية للغسيل إلى مياه الصرف.

وسوف نناقش فيما يلى تفاعلات كل من السيزيوم والسترنشيوم والأيودين ومخلفات مشعة كملوثات للبيئة بصفة عامة والتربة بصفة خاصة.

أ- الاسترنشيوم – 90 – Strontium 90

يسلك الاسترنشيوم–90 فى التربة مثل الكالسيوم فى تفاعلاتها الكيميائية وهو يدخل التربة من الجو فى صورة ذائبة حيث يدمص بسرعة بغرويات التربة المعدنية والعضوية. ويمكن أن يحدث تبادل كاتيونى ويصبح قابل للإستفادة بالنبات مثل الكالسيوم. ويلاحظ أن إرتفاع الكالسيوم فى التربة يميل إلى تقليل إمتصاص السترنشيوم–90 بالنبات.

ب- سيزيوم–137 -Cesium137

بالرغم من أن السيزيوم يرتبط كيميائيا بالبوتاسيوم فالسيزيوم يميل إلى أن يكون قليل الإستفادة فى كثير من الأراضى وهذا ظاهريا بسبب أن السيزيوم–١٣٧ يثبت جيدا بمعدن الفيرميكوليت Vermiculite وبعض المعادن الأخرى. فالعنصر المشع المثبت غير متبادل كما فى حالة عنصر البوتاسيوم فى بعض معادن الطين. ولذلك فإمتصاص النبات للسيزيوم–137 من الأراضى محدود. وفى حالة غياب معدن الفيرميكوليت والمعادن المتعلقة به كما فى بعض الأراضى الإستوائية ، فيكون إمتصاص السيزيوم–137 سريع ويدخل إلى السلسلة الغذائية.

جـ- الإيودين–131 -Iodine131

العنصر المشع إيودين–131 ينطلق إلى الجو كنتيجة لحوادث المفاعلات النووية كما حدث فى إنفجار مفاعل تشيرنوبيل سنة 1986. وسقوط هذه المواد المشعة على التربة أدى إلى تلوث الأعشاب ومن ثم الأبقار الحلوب وألبانها. وبسبب قصر فترة نصف الحياة (8 أيام) فيحدث منه ضرر للصحة فقط فى حالة دخوله سريعا إلى سلسلة الغذاء ، كما فى حالة أكل الأعشاب بأبقار اللبن. وتلوث التربة بالإيودين–131 أقل ضررا من التلوث بالسيزيوم –134 أو السيزيوم –137 بسبب أن معظمه يتحلل خلال موسم النمو. وفى محلول التربة يتواجد الإيودين على صورة -I فالأيونات تمسك بالتربة بالتفاعل مع المادة العضوية وأكاسيد

الحديد والألومنيوم ومعادن الطين السليكاتية. ويزيد الإرتباط بالأكاسيد عند رقم pH المنخفض نتيجة وجود الشحنات الموجبة.

د- مخلفات مشعة Radioactive wastes

يضاف جزء من النظائر المشعة إلى التربة كنتيجة لإختبار الأسلحة النووية حيث يتم التخلص من المخلفات النووية ذات الإشعاع المنخفض وذلك بدفنها فى الأراضى. وإذا كانت هذه المخلفات صلبة وتم دفنها فى حفر ضحلة فقد يحدث إذابة وحركة فى التربة. فالبلوتونيوم واليورانيوم والأميريسيوم Americium والنبتونيوم Neptuium والكيريوم Curium والسيزيوم Cesium هى من العناصر المشعة فى المخلفات.

وهناك إختلافات معقولة فى إمتصاص هذه العناصر بالنباتات فى الأراضى وذلك إعتمادا على خواص التربة ودرجة الحموضة (pH) ومحتوى المادة العضوية. وبصفة عامة فإن إمتصاص البلوتونيوم بالنبات منخفض وعالى بالنسبة لعنصر النبتونيوم Neptunium ومتوسط لعنصر الأميريسيوم Americium والكيريوم Curium وثمار المحاصيل والحبوب بصفة عامة منخفضة فى هذه العناصر عن الأوراق مما يعنى أن غذاء الإنسان قد يكون أقل تلوثا بالعناصر المشعة عن محاصيل الأعلاف. وحيث أن الأراضى قد تستخدم فى دفن النفايات للمخلفات المحتوية على مستويات منخفضة من المواد المشعة فيجب الحرص والتأكد من أن خواص التربة لا تشجع على الغسيل أو إمتصاص النباتات لهذه الكيماويات.

الباب الثالث

تلوث الماء

أولا: التقدم الصناعى وتلوث المياه

إن مشاكل البيئة على الأرض أصبحت كثيرة جداً ، ومن تلك المشاكل هى مشكلة تلوث البيئة المائية ، ويقصد هنا التلوث الذى يحدث فى الأنهار والبحار. تلك التلوثات التي أصبحت تهدد حياة المخلوقات الحيوانية ، وبالتالى تهديد حياة البشر لا محالة. إن المخلوقات المائية أو البحرية إذا ما تأثرت ومرضت فإنها تؤثر على صحة الإنسان عند تناولها ، وذلك عبر السلسلة الغذائية. إن التلوثات المائية تعتبر اليوم مشكلة بيئية عالمية حيث تخص جميع دول العالم بغض النظر إذا كانت تلك الدول تمتلك أنهاراً أو بحارا على جوانبها ، وذلك لأنها تشترك مع بعضها في السلسلة الغذائية ، وما تمتلكهُ تلك الأنهار والبحار من ثروة غذائية لا نستطيع الإستغناء عنها. كما يجب الأخذ فى الإعتبار أهمية ماء الشرب والتي تأخذ مباشرةً وبعد التصفية من تلك الأنهار والآبار الجوفية ، والتي تعود أساسها إلى تلك الأنهار والبحار.

إن الغلاف المائي يمثل أكثر من 70% من مساحة الكرة الأرضية ويبلغ حجم هذا الغلاف حوالي 296 مليون ميلا مكعبا من المياه. كما أن الماء هو عنصر أساسي لجميع الكائنات الحية وعنه قال تعالي : (وجعلنا من الماء كل شيء حي) سورة الأنبياء. ويكون الماء حوالي 65% من جسم الإنسان وحوالى 70% من الخضروات وحوالي 90% من الفواكه. ومن هنا تبدو أهمية المياه حيث أنها مصدر من مصادر الحياة على سطح الأرض. وبالتالى ينبغي صيانة هذا المصدر والحفاظ عليه من أجل توازن النظام الإيكولوجي الذي يعتبر في حد ذاته

سر إستمرارية الحياة. إن الماء ينزل إلى الأرض في صورة نقية خالية من الجراثيم الميكروبية أو الملوثات الأخرى. لكن نتيجة للتطور الصناعي الهائل يتعرض الماء للعديد من المشكلات مما يحوله إلى ماء غير صالح للشرب والإستهلاك الآدمي.

إن الماء مذيب جيد لكثير من المواد و حتي بعض المواد التي لا تذوب فيه تشكل معلقات غروية تشبه المحاليل. وينزل الماء علي هيئة أمطار أو ثلج snow بصورة نقية خالية تقريبا من الجراثيم أو الملوثات الأخرى لكن نتيجة للتطور الصناعي الكبير يتعرض الماء لكثير من الملوثات مما يجعله غير صالح للشرب. ومن أمثلة التلوث هو التلوث بالأمطار الحمضية حيث أن الأمطار الحمضية قتلت أو أتلفت مساحات شاسعة وكثيفة من الأشجار في منطقة الغابات السوداء بألمانيا. وكذلك التلوث بمخلفات كل من الصرف الصحي والصناعي والزراعي.

وعندما نتحدث عن التلوث المائي من المنظور العلمي فإننا نقصد إحداث خلل وتلف في نوعية المياه ونظامها الإيكولوجي بحيث تصبح المياه غير صالحة لاستخداماتها الأساسية وغير قادرة على إحتواء الجسيمات والكائنات الدقيقة والفضلات المختلفة في نظامها الإيكولوجي وبالتالي يبدأ معه الآثار الضارة بالظهور على البيئة. ومن أكثر الأمثلة على ذلك تلوث ماء المطر بما تطلقه المصانع من أبخرة وغازات ، ونتيجة لذلك نشأ ما يسمى بالمطر الحمضي. كما يتلوث الماء بالعديد من الملوثات المختلفة فيتلوث على سبيل المثال بمخلفات المنازل وذلك كما هو موضح فى الشكل (١-٣) ومخلفات الصرف الصحي وبالمنظفات الكيميائية المختلفة وببعض العناصر المعدنية مثل الرصاص والزئبق والفوسفات والنترات والكلور والنفط.



شكل ١-٣: التلوث المائى بمخلفات المنازل.

أما الجزء الآخر فهو يخص الموارد المائية الطبيعية ، وإستعمال تلك المياه للتنقل النهري أو البحري ، كالملاحة الدولية والسياحة مثلاً. إن الوطن العربي والشرق الأوسط تحيط به ثرواتٌ نهرية وبحرية كثيرة ويجب المحافظة عليها مهما كلف الثمن ، لأنها مصير إمتداد الأجيال الحالية والأجيال القادمة. فمثلاً هناك روافد النهران العظيمان دجلة والفرات في العراق ، والنيل العظيم في مصر والسودان ، والليطاني وغيرها الكثير. وتحيط بالمنطقة العربية البحار ومنها البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر والبحر الميت والبحر الأسود والخليج العربي والمحيط الهادي والمحيط الهندي. ونتيجة لإستغلال الإنسان تلك الموارد الطبيعية بشكل عشوائي وربحي وغير مسؤول بالدرجة الأولى ، نتيجةً للتطور الصناعي وخاصةً في الفترة الأخيرة من القرن المنصرم ، بدأت تظهر وتتفاقم مشكلة التلوث

المائي نتيجة المخلفات والفضلات الصناعية كصناعة الفحم والنفط وطرق التخلص من تلك النفايات الصناعية ، وبالتالي طرحها في مياه الأنهار والبحار والمحيطات والتي أدت إلى زيادة التلوث بصورة مباشرة أو غير مباشرة. وحيث أن مخلفات التصنيع في عملية تكرير النفط تطرح إلى البحر مباشرةً بعد عملية المعالجة وأن تلك المخلفات تحتوي على مواد وعناصر سامة جداً ، فيمكن إعتبار أن النفط الخام ومشتقاته من أهم مشاكل التلوث البيئي وبالذات على البيئة البحرية. إن تلك المياه الخارجة من عملية التكرير تحتوي بحد ذاتها على نسب كبيرة من الملوثات العضوية والغير عضوية ، والتي تؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة على الكائنات الحية البحرية والبرية التي توجد من حولها ، والتي تؤدي إلى موت العديد منها ، وإنقراض البعض الآخر. كما أنه ليس من السهل إتباع ومعرفة ما إذا كان هذا الحيوان متأثر بتلك المادة السامة أم لا في نفس اللحظة ، مما يؤدي بالتالي بعد صيدها وتناولها من قبل الإنسان ، فقد تكون تلك الحيوانات محتوية في تراكيب أليافها وأجسامها مواد تحتوي على تركيزات عالية من السموم والتلوثات مما يؤدي إنتقالها إلى جسم الإنسان بعد تناولها.

كما أن هناك بعض المركبات أو العناصر تعتبر سامة جداً مثل المعادن الثقيلة ومن أهمها الرصاص ، ومن المواد العضوية أيضاً هناك مواد الـ بي فى سي PVC (بولي فينول كلورايد) ، وهي من المواد العضوية السامة جداً وكذلك مادة البنزوبيرين benzopyrene ، وهي مادة أشد خطورة أيضا على البيئة البحرية والمائية حيث أنها تنتقل إلى جسم الإنسان عن طريق السلسلة الغذائية والتي أشرنا لها سابقا ، حيث تسبب للإنسان الأمراض الخطيرة .

ومما سبق يمكن القول أن التلوث البحري أصبح ظاهرة أو مشكلة كثيرة الحدوث في العالم نتيجة للنشاط البشري المتزايد وحاجة التنمية الإقتصادية المتزايدة للمادة الخام الأساسية والتي تتم عادة نقلها عبر المحيط المائي. كما أن معظم الصناعات القائمة في الوقت الحاضر تطل على سواحل بحار أو محيطات. ويعتبر النفط الملوث الأساسي على البيئة البحرية نتيجة لعمليات التنقيب وإستخراج

النفط والغاز الطبيعي في المناطق البحرية أو المحاذية لها كما أن حوادث ناقلات النفط العملاقة قد تؤدي إلي تلوث الغلاف المائي. بالإضافة إلي ما يسمي بمياه التوازن والتي تقوم ناقلات النقط بضخ مياه البحر في صهاريجها لكي تقوم هذه المياه بعملية توازن الناقلة حتي تأتي إلي مصدر شحن النفط فتقوم بتفريغ هذه المياه الملوثة في البحر مما يؤدي إلي تلوثها بمواد هيدروكربونية وكيميائية أو حتي مواد مشعة. ويكون لهذا النوع من التلوث آثار بيئية ضارة وقاتلة لمكونات النظام الإيكولوجي حيث أنها قد تقضي على الكائنات النباتية والحيوانية وتؤثر بشكل واضح على السلسلة الغذائية. كما أن هذه الملوثات خصوصا العضوية منها تعمل على إستهلاك جزء كبير من الأوكسجين الذائب في الماء. كذلك فإن البقع الزيتية الطافية على سطح الماء تعيق دخول الأوكسجين وأشعة الشمس والتي تعتبر ضرورية لعمليات التمثيل الضوئي.

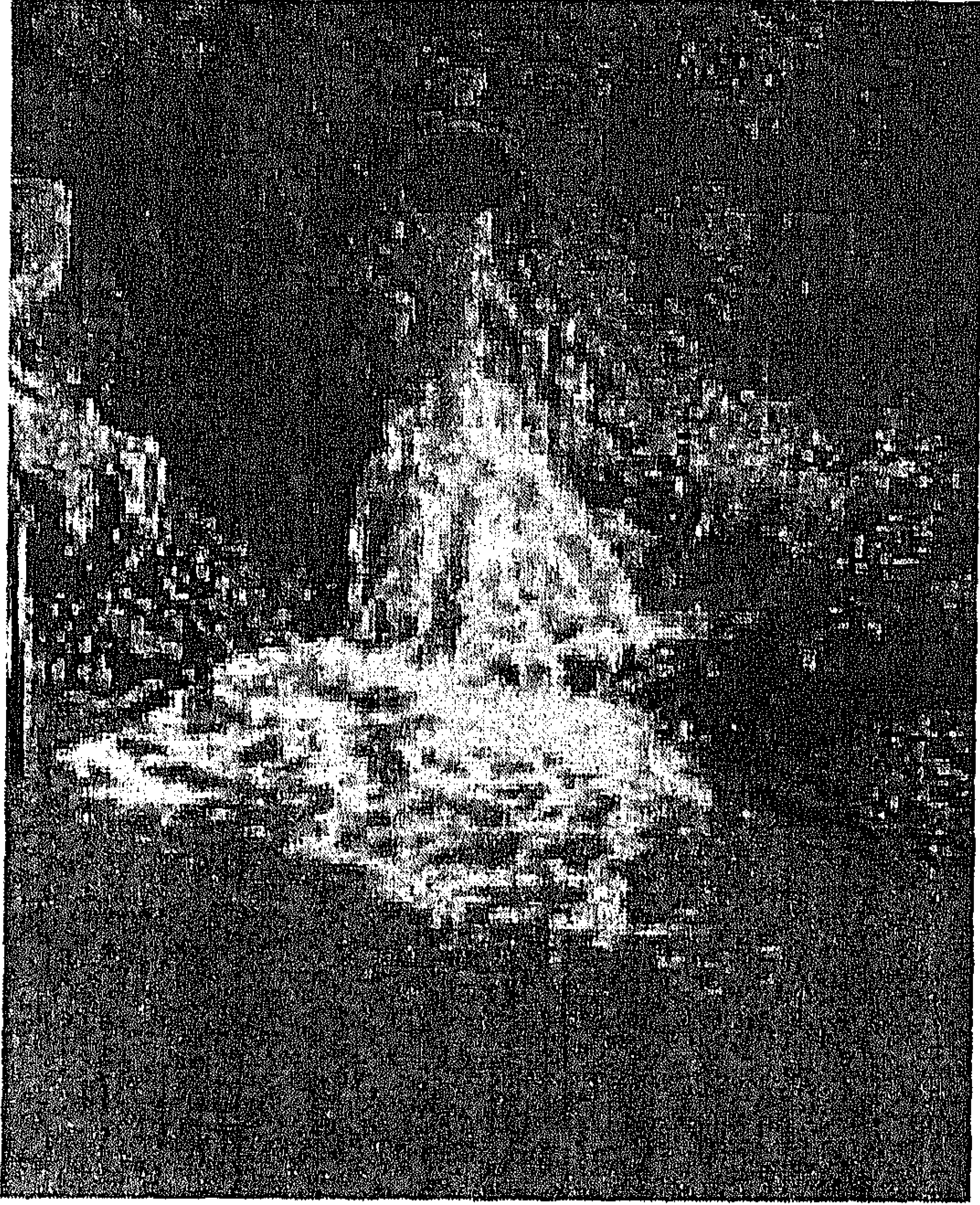
معنى هذا أن تلوث الماء هو إختلاط الماء بمياه المجاري أو الكيماويات أو الفلزات أو الزيوت أو أية مواد أخرى سامة. وفي مقدور هذا التلوث أن يؤثر في المياه السطحية مثل الأنهار والبحيرات والمحيطات. كما يمكن أيضا لهذا التلوث أن يؤثر في المياه التي في باطن الأرض والمعروفة بالمياه الجوفية. وبإمكانه أيضًا أن يسبب الأذى لأنواع عديدة من النباتات والحيوانات. ووفقًا لمنظمة الصحة العالمية أن ما يقرب من خمسة ملايين شخص يموتون سنويًا بسبب تجرعهم ماءً ملوثًا.

وفي النظام المائي الصحي تعمل دورة من العمليات الطبيعية على تحويل المخلفات إلى مواد نافعة أو ضارة. وتبدأ الدورة عندما تستخدم كائنات عضوية تعرف بالبكتيريا الهوائية الأوكسجين الذائب في الماء لهضم المخلفات. وتنتج هذه العملية النترات والفوسفات وغيرها من المغذيات (عناصر كيميائية تحتاجها الكائنات الحية في نموها). وتمتص الطحالب والنباتات المائية الخضراء هذه المغذيات، وتأكل حيوانات مجهرية تدعى العوالق الحيوانية الطحالب ، وتأكل الأسماك تلك العوالق. أما الأسماك فقد تأكلها أسماك أكبر منها أو طيور أو حيوانات أخرى وتنتج عن هذه الحيوانات مخلفات جسمية ، ثم ما تلبث أن تموت .

وتحلل البكتيريا هذه الحيوانات الميتة ، والمخلفات الحيوانية ، ثم تعاود الدورة الكرة مرة أخرى.

يحدث التلوث المائي عندما يُلقي الناس بكميات من المخلفات في نظام مائي ما بحيث تصل إلى درجة لا يكون معها في وسع عمليات التنقية الطبيعية التابعة له أن تؤدي وظيفتها على الوجه المطلوب. وبعض المخلفات ، مثل الزيت والأحماض الصناعية والمبيدات الزراعية ، تسمم النباتات المائية والحيوانات. بينما نجد أن تلوث بعض المخلفات الأخرى مثل المنظفات الفوسفاتية والأسمدة الكيميائية وروث الحيوانات يمد الحياة المائية بمزيد من المغذيات. وتسمى هذه العملية الإثراء الغذائي ، وتبدأ عندما تنساب كميات كبيرة من المغذيات إلى أنظمة المياه حيث تعمل المغذيات على تحفيز النمو الزائد للطحالب. وكلما إزداد نمو الطحالب ، إزداد فناؤها بالمقابل. وتستهلك البكتيريا الموجودة في الماء كميات كبيرة من الأوكسجين لتهضم بذلك الفائض من الطحالب الميتة. ويؤدي ذلك إلى نقص مستوى الأوكسجين في الماء مما يتسبب في موت الكثير من النباتات المائية وكذلك الحيوانات.

كما يصدر التلوث المائي عن المؤسسات التجارية والمزارع والمصانع ومصادر أخرى ، ويشتمل على نفايات المجاري والكيماويات الصناعية وكذلك الكيماويات الزراعية ومخلفات المواشي (شكل ٢-٣).



شكل ٢-٣: التلوث المائى بنفايات المزارع والمجارى.

ومن أشكال التلوث المائي أيضًا التلوث الحراري. والتلوث الحرارى يحدث حينما يضاف الماء الساخن إلى جسم مائي. ويأتي الماء الساخن من محطة توليد طاقة نووية ، ويحمله التيار إلى أسفل المجرى. ويتسبب هذا الماء الحار المسمى بالتلوث الحراري في الإضرار بالأسماك والنباتات المائية عن طريق تقليل كمية الأوكسجين في الماء. وفي مقدور الكيميائيات والزيوت المنسكبة أن تحدث تلوثًا مائيًا مدمرًا يتسبب في قتل الطيور المائية والمحار والحياة الفطرية الأخرى. ويحدث بعض التلوث إذا لم يَجْر فصل مُحْكم بين مجاري المياه ومياه الشرب النظيفة. ففي المناطق التي تفتقر إلى محطات حديثة لمعالجة مياه المجاري يمكن أن تنساب المياه التي تحمل معها المخلفات البشرية إلى موارد المياه مما يؤدي إلى

إختلاط البكتيريا الناقلة للأمراض بماء الشرب وتتسبب في الإصابة بأمراض مثل الكوليرا والدوسنتاريا. أما في المناطق التي تحظى بصرف صحي جيد فإن معظم المخلفات البشرية تنساب في أنابيب وضعت في باطن الأرض ، حيث ينتهي بها المطاف إلى محطات معالجة خاصة تقتل البكتيريا الضارة وتزيل المخلفات الصلبة.

كان الناس في الماضي يلقون المخلفات والفضلات في مياه الأنهار والبحار والمحيطات. وبعد التقدم الصناعى ظهر تلوث مياه البحار والأنهار والمياه الجوفية بالمواد البترولية والمواد المشعة والمعادن الثقيلة وغيرها. ولقد أصبح التلوث البحري ظاهرة أو مشكلة كثيرة الحدوث في العالم نتيجة للنشاط البشري المتزايد وحاجة التنمية الإقتصادية المتزايدة للمادة الخام الأساسية والتي تتم عادة نقلها عبر المحيط المائي. كما أن معظم الصناعات القائمة في الوقت الحاضر تطل على سواحل بحار أو محيطات. ويعتبر النفط الملوث الأساسي على البيئة البحرية نتيجة لعمليات التنقيب واستخراج النفط والغاز الطبيعي في المناطق البحرية أو المحاذية لها. كما أن حوادث ناقلات النفط العملاقة قد تؤدي إلي تلوث الغلاف المائي. بالإضافة إلي ما يسمي بمياه التوازن والتي تقوم ناقلات النقط بضخ مياه البحر في صهاريجها لكي تقوم هذه المياه بعملية توازن الناقلة حتي تأتي إلي مصدر شحن النفط فتقوم بتفريغ هذه المياه الملوثة في البحر مما يؤدي إلي تلوثها بمواد هيدروكربونية وكيميائية أو حتي مشعة. ويكون لهذا النوع من التلوث آثار بيئية ضارة وقاتلة لمكونات النظام الإيكولوجي حيث أنها قد تقضي على الكائنات النباتية والحيوانية وتؤثر بشكل واضح على السلسة الغذائية. كما أن هذه الملوثات خصوصا العضوية منها تعمل على إستهلاك جزء كبير من الأوكسجين الذائب في الماء. كما أن البقع الزيتية الطافية على سطح الماء تعيق دخول الأوكسجين وأشعة الشمس والتي تعتبر ضرورية لعمليات التمثيل الضوئي. وعلى ذلك فإن التلوث بالمواد البترولية يشكل خطرا علي المياه حيث يكون طبقة رقيقة فوق سطح الماء تمنع إختراق الهواء وثاني أوكسيد الكربون والضوء إلي الماء وبذلك تصبح الحياة المائية شبه مستحيلة. ويدوم الهيدروكربون الناتج من تلوث البترول طويلا في

الماء ولا يتجزأ بالبكتيريا ويتراكم في قاع البحر. ويحتوي البترول علـــي مـــواد مسرطنة carcinogenic مثل بنزوبيرين benzopyrene الذي يوجد بنسبة عالية في نفط الخليج وليبيا ويؤثر علي النباتات والحيوانات التي تتغذي عليها.

إن مياه المصانع وفضلاتها تشكل حوالى 60% من مجموع المواد الملوثـــة للبحار والبحيرات والأنهار. ويصدر أغلب الملوثات من مصـــانع مثـــل مصـــانع الدباغة والرصاص والزئبق والنحاس والنيكـــل ومصـــانع الـــدهانات والأســـمنت والزجاج والمنظفات ومصانع تعقيم الألبان والمسالخ ومصـــانع تكريـــر الســـكر. بالإضافة إلي التلوث بالهيدروكربون الناتج عن التلوث بالبترول الذي يؤدي كمـــا ذكرنا إلي تكوين طبقة رقيقة عازلة فوق سطح الماء تمنع إختـــراق الأوكســـجين وثاني أكسيد الكربون والضوء إلي الماء وبذلك يؤدي إلي إختناق الكائنـــات التـــي تعيش في الماء. وكذلك يتحول النفط إلي كرات صغيرة تلتهم بواسطة الأسماك مما يؤثر علي السلسلة الغذائية.

إن معظم المصانع في الدول المتقدمة والنامية لا تلتزم بضـــوابط الصـــرف الصناعي بل تلقي بفضلاتها في المياه. ففي الولايات المتحدة وجدت مخلفات سامة في مياه الأنهار والبحار المحيطة بالمصانع. وفي القاهرة أجريت دراسة علي إثني عشر محطة لمعالجة مياه الشرب ووجدت جميعها تعاني من عدم إنضباط الصرف الصناعي.

وتجدر الإشارة إلي أن الطرق التقليدية لتنقية المياه لا تقضي علي الملوثات الصناعية (مثل الهيدروكربون) والملوثات غير العضـــوية والمبيـــدات الحشـــرية والمركبات الكيميائية المختلفة. وقد يتفاعل الكلور المستخدم في تعقيم الميـــاه مـــع الهيدروكربونات مكونا مواد كربوهيدراتية كلورينية مسرطنة.

يعرف هوبكنز وشولز Hopkins and Schulz سنة 1954 (بلبع وعطا 1997) الماء الملوث Polluted water بأنه الماء الذي تنخفض درجة جودته نتيجة لإختلاطه بمخلفات الصرف الصحى أو غيرها من المخلفات فتجعله غير

صالح للشرب أو الأغراض الصناعيه. ويعرف أيضا الماء الملوث بأنه الماء الذي يحتوى على مواد تجعله غير صالح للإستخدام فى واحد أو أكثر من الأغراض. كما يعتبر الماء ملوثاً إذا تغيرت نوعيته عن الحالة الطبيعية للماء.

وتأثير مكونات الماء على إستعماله يعتمد على تركيز هذه المكونات فإذا كانت بتركيز منخفض بدرجة كافية فلا يكون لها تأثير ضار عند إستعمال الماء فى أي غرض. وفي الواقع فهناك العديد من المكونات التي يمكن الإعتراض على وجودها بتركيز مرتفع ، ولكن وجودها يمكن أن يصبح مقبولاً في حالة وجودها بتركيزات منخفضة عند إستخدامها في غرض معين.

وعموماً فأى مكون كيميائي أو مكون آخر لا يعتبر ملوثا للماء إذا كان تركيزه أقل من الحد الذي يسبب إنخفاض نوعية الماء للإستعمال في غرض معين أو أن التغير في النوعية لا يؤثر على الإستخدام المطلوب. وتبعا لذلك فإنه من الأفضل النظر إلى مكونات الماء بأنها ملوثات محتملة Potential pollutants حيث أن لها إمكانية أن تسبب مشاكل لنوعية الماء ولكن ليس بالضرورة دائما لمن تلوثها.

ويمكن تقسيم المواد التي يمكن أن تلوث المياة إلى ثمان مجموعات وكل منها يضم عدد من المكونات لها خصائص أو تأثيرات معينة على نوعيه الماء. وتنحصر هذه المجموعات فيما يلي :-

١- مواد بيولوجية مسببة للأمراض ، مثل البكتيريا المرضية المؤثرة على صحة الإنسان وتسبب له أمراض مثل حمي التيفويد والكوليرا وحمي الباراتيفويد والدوسنتاريا.

٢- مواد سامة ، مثل الزرنيخ والرصاص والزئبق والكادميوم ...إلخ بالإضافة إلى أنواع مختلفة من المركبات الكيميائيه العضوية (مبيدات ، مذيبات ، منظفات ، زيوت ودهون).

٣- مغذيات غير عضوية مثل النيتروجين والفوسفور والتى تنتج من إضافة الأسمدة للأراضى الزراعية.

٤- كيماويات ذائية في الماء (أملاح وأحماض وأيونات مثل الكالسيوم والحديد والأمونيوم والنيترات .... الخ).

٥- مواد صلبة معلقة (تربة ، مواد غير ذائبة).

٦- مواد مشعة (مثل اليورانيوم والراديوم .... الخ).

٧- حرارة (ذائبية الأوكسجين تعتمد على درجة الحرارة).

٨- مخلفات تحتاج أوكسجين مستهلك حيوي (مواد عضوية).

ثانيا: مصادر تلوث المياه Water pollution sources

بالنسبة لمصادر تلوث الماء فيمكن تقسيمها إلى :-

١- مصادر طبيعية وتشمل الجو والمعادن الذائبة وتحلل المواد النباتية والنموات المائية والجريان السطحى للأملاح والكيماويات.

٢- مصادر زراعيه وتشمل الإنجراف المائي للتربة ومخلفات حيوانية (مزارع الإنتاج الحيواني والداجني) وأسمدة كيماوية ومبيدات ومياه الري.

٣- مياه الصرف وتشمل مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي ومياه صرف المراكب النيلية والبحرية.

٤- مصادر أخرى متنوعة مثل أنشطة البناء والمناجم والماء الجوفي وأماكن تجمع القمامة وأماكن إنتاج الأسفلت.

وبسبب أهمية المواد الملوثة ومصادرها في برامج تحسين نوعية المياه يمكن الإشارة إلى هذه الملوثات ودورها في تلوث المياه من خلال مناقشة الحالات التالية لتلوث المياه :-

١- التلوث الناتج عن إستخدام المبيدات

ويقصد به التلوث الناتج عن إستعمال المواد التي تكافح الأوبئة (مثل المبيدات الحشرية). وهناك مجموعة كبيرة ومتنوعة من أصل إصطناعي وكلها مصنوعة كيميائيا وليس لها وجود منفرد فى الطبيعة فى معظم الأحيان مثل :-

أ- المواد العضوية الغنية بالمعادن مثل الـ DDT وهو أحد المواد الهيدروكربونية والذي كان له دور بارز في إستئصال الأوبئة الموجودة في المستنقعات بعد الحرب العالمية الثانية ولكن فى السنوات الأخيرة منع إستعماله منعاً باتا في كثير من البلاد. حيث أن هناك أخطار يسببها تجمعه في الأجسام ، لأنه صعب التفكك ويتجمع عادة في المواد الدهنية والكبد والمخ.

ب- المواد العضوية الغنية بالكلور مثل DDT ، Aldrine ، Dieldrin ، Chlordane ، Heptachlore... الخ.

جـ - المواد العضوية الغنية بالفوسفور مثل الملاثيون Malathion والباراثيون Parathion... الخ .

ومن ضمن المواد الخطرة والمحظور إستخدامها ، نظرا لسميتها العالية وقدرتها على إحداث أورام سرطانية والتى تم إدراجها حديثا هما الألدرين Aldrine وثنائي الألدررين. كما يمثل الكوردان مجموعة كبيرة من المركبات العضوية المستخدمة كمبيدات حشرية لمدة أكثر من ثلاثين عاما لمكافحة الحشرات الكامنة بالتربة الزراعية ، وأيضا داخل المنازل. وقد ثبت حديثا تأثير الكوردان الضار بالنسبة للإنسان والحيوان لسميته العالية وقد تم حظر إستعماله على المستوى العالمى.

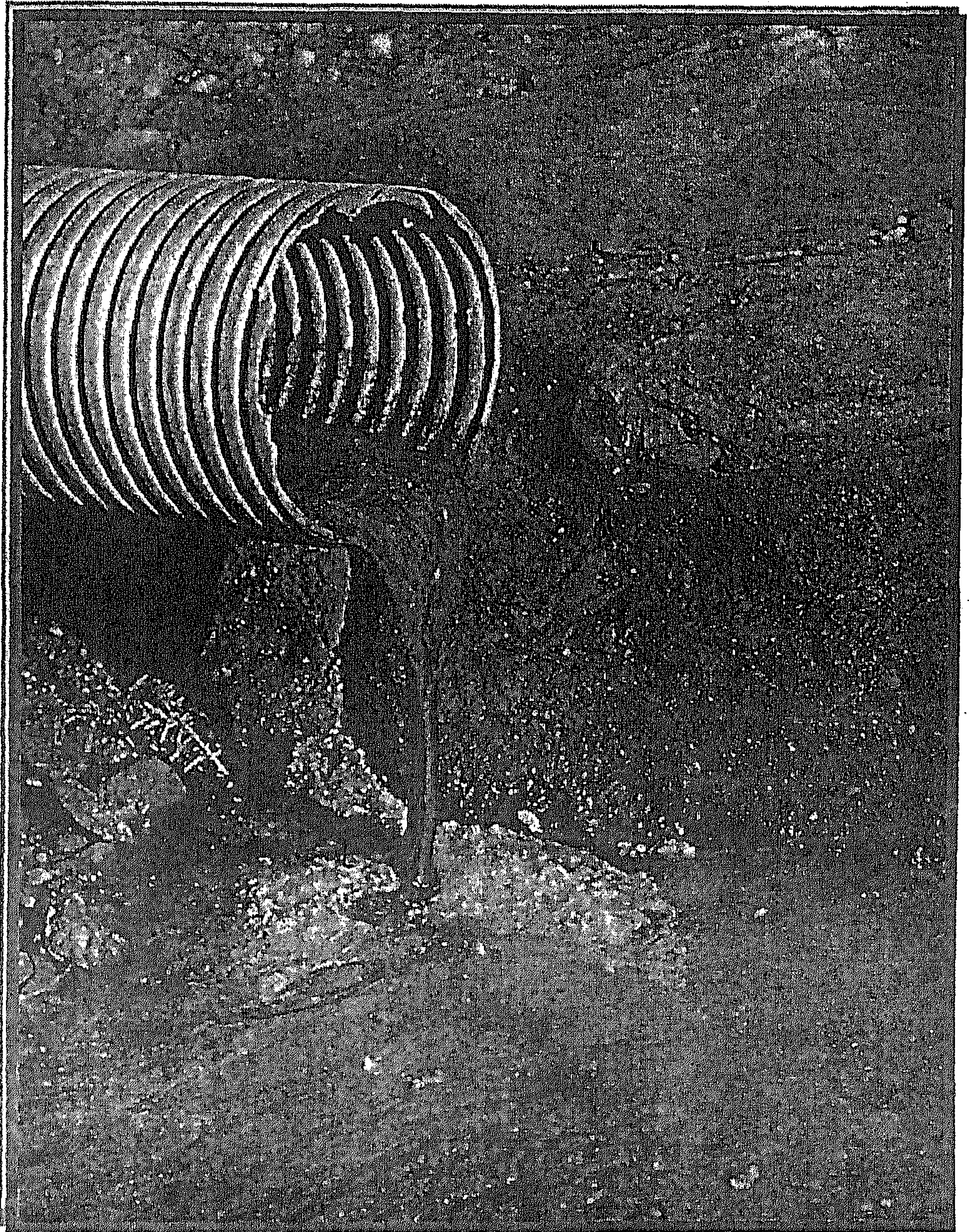
أما المبيد الحشرى سباعي كلور الإيبوكسي Heptachlor Epoxide فهو أيضا أحد المبيدات الحشرية التى يقاوم التحلل فى البيئة لمدة طويلة قد تزيد عن 6 شهور وبعدها يتحلل إلى مشتقات أكثر سمية وخطورة. ولقد أثبتت الدراسات أن هذا المركب يؤثر سلباً على جميع مراحل التحول الغذائي في الجسم الإنساني.

ويؤدي إرتفاع تركيز هذا المبيد إلى ظهور أعراض التسمم الشديدة والضعف والهزال العام ، مع إحتمالات قوية لتلف أنسجة الكبد والكلية. ولقد تم التوقف عن إستخدامه كمبيد حشري ، إلا أنه ما زال يستخدم في بعض الحالات الخاصة تحت إشراف الإدارات الصحية المتخصصة لمقاومة حشرات التربة ومكافحة الأوبئة عند اللزوم.

٢- التلوث بمياه المجاري والنفايات والفضلات

يحدث هذا التلوث نتيجة إلقاء نفايات وفضلات ومياه مجارى والمياه المستهلكة بسكان المدن في البحر أو الأنهار أو البحيرات دون أن تمر بمرحلة التنقية ويزداد هذا التلوث بزيادة عدد السكان وتطور الصناعة. نحن نعلم جيدا أن النسب العالية من القمامة ومخلفات النشاط الإنسان في حياته اليومية وكذلك المخلفات التي ترميها المصانع التابعة للشركات التجارية والزراعية في مجارى المياه هى أحد المسببات الأساسية التى تسبب تلوث الماء سواء فى الأنهار أو البحار. وبالطبع نجد أن نسبة هذه المخلفات تتزايد في البلدان النامية وخاصة في ظل التضخم السكاني.

ويجب الأخذ فى الإعتبار أن أكثر أنواع التلوث إنتشارا هو الذى ينشأ عن إختلاط مياه الصرف الصحي بمصادر المياه العذبة. والمعروف أن مياه الصرف وذلك كما هو موضح فى الشكل (٣-٣) عادة ما تحتوي على كميات كبيرة من البكتيريا القولونية البرازية Faecal colifroms. ويمكن الإسترشاد عن وجود هذه البكتيريا عن طريق وجود نوع معين من البكتيريا ويسمى *Escherichia coli* (*E. coli*). أي أن وجود *E. coli* هو دليل Index يشير إلى وجود تلوث برازي حيواني أو إنسانى.



شكل ٣-٣: التلوث المائى بمخلفات الصرف الصحى.

٣- التلوث بالمخصبات الزراعية

التلوث بالمخصبات الزراعية أى بالأسمدة العضوية والغير عضوية والتى تعرف بمغذيات النبات Eutrophication هو الذي ينتج بسبب تراكم هذه الأسمدة في الماء بدرجة كافية لنمو مستوى غير مرغوب فيه من الحياة النباتية والحيوانية. فالأسمدة التى تضاف إلى التربة ، إذا زادت عن حاجة النباتات فإن ما يتبقى منها يتسرب إلى مياه الصرف. وينحصر التلوث بالأسمدة وإلى درجة كبيرة في المياه السطحية كما قد يتواجد تركيزات عالية جداً من بعض الأنيونات مثل النيترات أو في مواد المياه الجوفية. ودليل التلوث بسب الأسمدة والمغذيات هو نمو النباتات في الماء مثل الطحالب الميكروسكوبية والتي عندما تتواجد بكميات مفرطة يمكن أن يكون لها تأثير غير مرغوب فيه على جودة الماء. فعند موت وتحلل هذه الكائنات يقل مستوى الأوكسجين الذائب فى الماء بدرجة خطيرة مما قد يؤدى إلى موت الأسماك وكائنات مائية أخرى.

وعند إستخدام الأسمدة أو المغذيات غالبا ما يصاحب التلوث بالعناصر المغذية تزايد في تركيز الفوسفور الذائب في الماء نتيجة صرف أراضي مسمدة بأسمدة فوسفورية أو نتيجة للفوسفور الذائب في مياه الصرف أو المصانع التي تصرف إلى الترع والأنهار. ويرجع وجود الفوسفور فى مياه الصرف الصحي للمدن إلى المطهرات ومواد التنظيف والمواد الأخرى المستعملة في تقليل عسر الماء.

كما يوجد عنصر آخر فى مغذيات النبات أو الأسمدة خاصة الأسمدة النيتروجينية. والنيتروجين يعتبر عنصرا هاماً آخر لنمو الطحالب. فمحتوي مياه الصرف من النيتورجين لمعظم الأراضي كاف لحدوث نمو كثيف من الطحالب. وزيادة تركيز النيترات $NO_3 - N$ فى الماء يعيق الإستفادة منه في أغراض الشرب. وحسب إدارة الصحة العامة بالولايات المتحدة يجب إعتبار المياه التي تحتوي على أكثر من 10 ملليجرام في اللتر من النيتروجين في صورة نيترات

غير صالحة للإستهلاك البشري. وتحتوي أغلب المياه السطحية على تركيز أقل من ذلك. أما المياه الجوفية فقد تحتوي على تركيز أعلى قد يصل إلى 1000 ملليجرام فى اللتر.

ونظرا للإهتمام المتزايد بتلوث المياه الجوفية بالنيترات ، فإن توخي الحذر في إستخدام الأسمدة النيتروجينية سيكون بدون شك جزءاً أكثر أهمية في إدارة التربة مستقبلاً. ولهذا السبب يحظر اليابانيون من إستعمال النيترات كمادة مخصبة فى حقول الأرز.

٤- التلوث بواسطة المطهرات الصناعية

خلال الخمسين عاما الماضية قامت كثير من الشركات والمصانع بإنتاج العديد من المطهرات الصناعية والتى تستخدم فى أغراض مختلفة. مع ظهور وتطور هذه المواد لإستعمالها فى المنازل أو في الصناعة حدث تلوث من كثرة وسوء إستخدام هذه المطهرات. وفيما يلى الفئات التالية من المطهرات :-

أ- مطهرات أنيونية Alkyl – Bonzene – Sulfonate ويطلق عليها للإختصار ABS وكانت شائعة الإستعمال. وهي سامة للأسماك إذا وصل تركيزها إلي 6 أو 7 ملليجرام / لتر.

ب- مطهرات كاتيونية، وتستعمل ضد البكتيريا الخطرة بمعدل ملليجرامات قليلة في اللتر الواحد وهي غير مستعملة بشكل واسع.

وهذه المطهرات لها القدرة على خفض التوتر السطحي للماء من معدله العادي (72 داين/ سم) إلى 50 أو 60 داين/سم. كذلك تعمل على خفض لزوجة الماء ولا تختلط مع غيرها. ومن عيوبها ، خفض قدرة تأكسد مياه الأنهار وعمل رغوة تمنع عمل البكتيريا في محطات التنقية البيلوجية.

٥- التلوث بأملاح المعادن الثقيلة

ويرجع هذا النوع من التلوث إلى أملاح المعادن الثقيلة ومنها على الأخص

الكروم في الأنهار. وينصب الإهتمام اليوم على التلوث الناتج عن الزئبق والكادميوم والرصاص والزرنيخ. وقد حددت منظمة الصحة العالمية التركيزات الحرجة للرصاص (0.001 ملليجرام/للتر) وللزئبق (0.005 ملليجرام/ لتر) وللكادميوم (0.05 ملليجرام/ لتر) وللرصاص (0.05 ملليجرام /لتر) وللزرنيخ (0.05 ملليجرام/ لتر).

والزئبق عنصر سام جدا حيث يتحد في الجسم مع البروتين ومع الإنزيمات ويؤدي إلى تلف أنسجه ألخلايا مسبباً الموت. وتشير الدراسات إلى أن أنهار الكرة الأرضية تصب في المحيطات حوالي نصف الإنتاج العالمي من الزئبق (حوالي من 9 إلى 10 آلاف طن في السنة). كما تحوي المحيطات حوالي 50 إلى 100 مليون طن من الزئبق. والزئبق موجود بشكل طبيعى في المياه البحرية بنسبة بسيطة جداً إلا أن تراكمها في الأجسام البحرية معروف منذ أقدم العصور. ولقد زاد الطلب على الزئبق لاستعماله في بعض الصناعات صناعة الورق وبعض الأدوات الكهربائية والصناعات الدوائية وغيرها مما يجعله مصدرا للقلق.

أما بالنسبة لعنصر الكادميوم المستعمل في صناعات البلاستيك وغيرها فهو خطرعلى الإنسان ولو بنسبة ضئيلة ، وينتقل بواسطة مياه الري الآتية من الأنهار ولذلك نجده في كثير من المنتجات الزراعية خاصة الأرز.

وبالنسبة لعنصر الرصاص فيصل هذا العنصر إلى المصادر المائية بواسطة تلوث الجو خاصة فى بعض المناطق التي تكثر فيها حركة سير السيارات. ولقد وجد أن نسبة الرصاص في مياه المحيطات قد وصلت إلى 0.07 ميكروجرام في المتر المكعب نتيجة العادم المتصاعد من السيارات والذي ينتقل إلى البحر بواسطة الهواء. وتبلغ الكمية المنقولة حوالي 250,000 طن في السنة منها 100,000 طن تسقط على اليابسة ولابد وأن تصل يوما ما إلى البحر.

٦- التلوث بمياة الصرف الصناعى

مياه الصرف الصناعي هى مياه التصريف للمنشآت الحرفية أو الصناعية. هذه المياه تكون على شكل سوائل تتكون من خلال إستخدام المياه في العمليات المختلفة لتصنيع المواد الأولية مثلاً وتحويلها إلى منتجات صناعية. وأيضاً تتكون هذه المياه من خلال إستعمالها في مراحل تصنيع بضائع إستهلاكية مثلاً وما يصحب هذهِ المياه من تغيير جذري أو جزئي في خواصها الطبيعية أو الكيميائية وإستعمالها في عمليات التبريد والغسل والتقطير والتنقية والترشيح. كما تتكون أيضاً في عمليات غسل الأجهزة الصناعية وفي عمليات المعالجة وغيرها.

إن مياه الصرف الصناعي تحمل في ذاتها الملوثات العضوية والغير عضوية وهي تتكون عند إستخدام المياه في الصناعات ومنها الصناعات البترولية أو البتروكيماوية وصناعة الورق وصناعة الطلاء ، وتحتوي هذهِ على مركبات عضوية مثل الفينولات ، الكحولات ، المركبات الأروماتية ، الدهون والزيوت ، وعلى المركبات الغير عضوية مثل الفلزات أو المعادن الثقيلة كالرصاص ، الزنك ، الكروم ، الخارصين ، النحاس والحديد ، وكذلك تحتوي على الأيونات السالبة وكلوريدات ، كربونات ، نترات والكبريتات.

وللتعرف على درجة تلوث المياه المستعملة في الصرف الصناعي يجب إلقاء بعض الضوء على عملية معالجة المياه قبل طرحها إلى الأنهار والبحار. إن العمليات المعروفة والمعمول بها في تلك الطريقة هي معالجة عملية الفصل بالكثافة. فى هذه المعالجة يتم تُجمع المياه العائدة من وحدات التكرير في أحواض تسمى بأحواض الفصل. يتم في هذه الأحواض فصل النفط عن المياه بالكثافة ، لأن كثافة النفط أقل من كثافة الماء فهو يطفوا على سطح الماء. يتم بذلك شفط النفط أو سحبه بواسطة مضخات خاصة لهذا الغرض ، حيث تأخذهُ الى أحواض تجميع الزيت أو النفط. وبذلك تخرج المياه من أسفل الأحواض لكي تُعاد مرة أخرى الى منبعها الرئيسي وهي الأنهار والبحار أو البحيرات بعد أن تلوثت كلياً ، والتي تأخذ

معها دائماً نسبه كبيرة من الملوثات النفطية. وأهم ملوثات مياه الصرف الصناعي ما يلى : -

أ - المواد العالقة : إن تلك المواد العالقة في مياه الصرف الصناعي ، تسبب زيادة الترسبات وتكوين ظروف غير ملائمة وغير صحية تسمى بالتكوينات اللاهوائية في البيئة المائية عند صرفها إلى منابعها.

ب - المواد المغذية : يعتبر النيتروجين والفوسفات من المغذيات الأساسية للنمو بجانب الكربون. ولهذا فإن صرف تلك المياه إلى منابعها من دون معالجتها يؤدي إلى نمو كائنات مائية غير مرغوب فيها. أما إذا صُرفت أو أرجعت على سطح اليابسة فإنها قد تؤدي إلى موت الأرض الخصبة أو تدخل إلى أعماق الأرض فتؤثر على المياه الجوفية.

جـ - الملوثات الخطرة أو السرطانية : هى تلك الملوثات ذات الخطورة القصوى على جسم الإنسان ، وتسمى بالمركبات العضوية والمركبات الغير عضوية ، إن تلك المواد المسرطنة (تسبب مرض السرطان) أو التي تسبب تشوهات خلقية أو جنينية أو تغير في الجينات البشرية مثلاً بسبب كونها تحتوي على سموم عالية الدرجة والتي عادةً توجد في كميات كبيرة في مياه الصرف الصناعي.

د - المواد العضوية معقدة التركيب : إن تلك المواد سميت بذلك نظراً إلى صعوبة تحللها. هذه المواد لها القدرة على مقاومة طرق المعالجة التقليدية مثل المنظفات الصناعية ، الفينول والمبيدات الزراعية والحشرية.

هـ - المعادن الثقيلة : غالباً ما يتم صرف المعادن الثقيلة إلى المياه عن طريق الأنشطة التجارية والصناعية وفي حالة إعادة إستخدام المياه يجب إزالتها تماماً وذلك لخطورتها الشديدة على معظم الكائنات الحية.

و- الأملاح : هناك الأملاح الغير عضوية الذائبة ، مثلٌ أملاح الكالسيوم والصوديوم والكبريتات وهذه الأملاح أيضاً توجد في تلك المياه بسبب إستعمالها كمياه الصرف في مصانع كمصانع تكرير النفط مثلاً.

توجد هناك بعض الصناعات والتي لا شك فيها تدخل في إطار تدمير البيئة والفرد والمجتمع على حدٍ سواء لأنها تستعمل المياه للصرف الصناعي فيها. من هذه الصناعات مثلاً صناعة السيارات ، صناعة النسيج ، الألبان ، الصلب والحديد ، تكرير البترول ، المشروبات ، الأسمدة ، التعليب ، صناعة الكيمياويات العضوية ، صناعة الكيمياويات الغير عضوية ، تشطيب المعادن ، منتجات اللحوم ، صناعة الورق واللب وصناعة البلاستيك ... إلخ. إن تلك الصناعات تدخل فيها مواد كيمياوية كثيرة نذكر منها الأوكسجين الحيوي الممتص ، الأوكسجين الكيمياوي المستهلك ، الكربون الكمي العضوي ، الأسبست ، المواد الصلبة العالقة والكلية ، المواد الصلبة القابلة للترسيب ، المواد الصلبة الذائبة ، المواد الصلبة العالقة المتطايرة ، المعادن الثقيلة ، الزيوت والشحوم ، النيكل ، الرصاص ، النحاس ، الكروم ، الزرنيخ ، الحديد ، الزنك ، الزئبق ، الكادميوم ، القصدير. وهناك مواد كيماوية سامة أيضاً منها السيانيد ، الأمونيا ، الكبريتات ، الصوديوم ، الكلوريدات ، السليكات ، الكبريتيت ، الفسفور ، النترات ، الفلوريدات ، البكتيريا القولونية ، المواد السامة ، درجة الحرارة ، الرغاوة ، العكارة ، الروائح ، الفينولات ، اليوريا أو النيتروجين العضوي ، البنزات المكلورة ، المركبات الأروماتية ، الكبريتيد.

ومما ذكر سابقاً فإن كل تلك المواد تدخل مع بعضها البعض في تلك الصناعات ، وعاملها المشترك هو الماء.

٧- التلوث بواسطة المواد البترولية والنفط

وهو يعتبر تلوث كيميائى وينتج عن إلقاء البقايا البترولية في عرض البحر وكذلك فى الموانى وفى مصبات الأنهار. وتحدث هذه المحروقات على سطح المياه بقعاً تؤدي إلى منع التأكسد الطبيعي للمياه والذي يؤدي إلى إعادة التنقية التلقائية للمكان الذي توجد فيه. وتسرب الزيت الخام إلى المياه قد ينتج نتيجة حدوث غرق لناقلات البترول بجوار السواحل وأيضا نتيجة الحفر والتنقيب في البحار عن البترول. وتسرب الزيت في المياه البحرية يعتبر مشكلة خطيرة لأنه يصعب إزالته

كما أنه ينتشر بسرعة كبيرة لأنه يطفو على السطح ويمتد مسافة كبيرة بمحاذاة الشواطيء. ومحاولة معالجة هذا التسرب بالوسائل الكيميائية يؤثر سلبا على النظام البيئي البحري.

إن التلوث المائي والبحري بالنفط ، يعتبر من أخطـــر الملوثـــات وأكثرهـــا شيوعاً. والمشاكل المتعلقة بتلك الحالة ظهرت منذ إكتشافه وامتدت خـــلال جميـــع مراحل الإنتاج ، من نقل وتكرير وتصنيع وتخزين وتســـويق إلـــى أن وصـــلت للتخلص من المنتجات المستعملة أو المصنعة من هذه المادة. وكلما إزدادت أنشطة الإنتاج النفطي ، كلما كثرت وظهرت كميات متزايدة من التلوثات النفطيـــة علـــى سطح الأرض وعلى شكل مستنقعات صناعية ، ونشاهدها أيضاً علـــى الشـــواطئ وحافات المياه والبحار والمحيطات وذلك كما هو موضح فى الشكل (٤- ٣).

وهناك عدة أسباب للتلوث المائى والبحرى منها :-

١ - تسرب النفط إلى المياه والبحر أثناء عملية التحميل والتفريغ في المـــوانئ النفطية.

٢- تسرب النفط الخام بسبب مشاكل التآكل التي تحدث في أنابيبه.

٣- الحوادث التي تحدث أثناء عمليات الحفر والتنقيب والتي تسبب تلوث المياه بكميات كبيرة جداً.

٤- إشتعال النيران والحرائق فى الشاحنات البحرية ، وغرق تلـــك الشـــاحنات البحرية في عرض البحر

٥- تسريب تلك الناقلات للنفط الخام في عرض البحر ، حيث أن ناقلات الـــنفط وحدها تسبب تسرب النفط إلى المياه والبحار حوالي مليون طن سنوياً.

٦- الحروب والإرهاب والذي يؤدي بصورة مباشرة على قتل وإضعاف البيئة ، وإلى ظهور أمراض خطيرة تنتج عن ذلك. هذه الأمراض الخطيرة تـــؤدي إلـــى

تدمير حياة البشر ، وتؤدي أيضاً إلى خسائر إقتصادية بسبب العلاجات الناجمه عن ذلك.



شكل ٤-٣: التلوث المائى بالنفط.

وعندما نتحدث عن التلوث المائى بالنفط يجب الإشارة إلى أهم مكونات النفط والمواد المضافة إليه حيث أن النفط يحتوى على مكونات عديدة منها :-

١ - هناك المركبات البارافينية مثل الميثان والبروبان والبيتان ، وهذه المواد البارافينية تدخل في صناعة الأدوية والمراهم عادةً. ولقد إتضح من الدراسات والأبحاث إلى أن إستعمال تلك المادة بكثرة يسبب أمراضا خطيرة أيضاً.

٢- المركبات الحلقية وهي مثل مادة البنتـان الحلقـي (6 ذرات كربـون) ، والهكسان الحلقي (5 ذرات كربون).

٣- المركبات الأوليفينية وهي مثل الأثيلين والبروبلين والبيوتيلين.

٤- هناك مركبات أخرى خلاف الهيدروكربونات وتحتوي جزيئاتهـا علـى ذرات عناصر الأوكسجين أو النيتروجين أو الكبريت وهي لا تزيد عادةً عن 5 % من وزن الخام.

٥- المعادن الثقلية أو الفلزات ، كالنيكل والفانديوم.

٦- رابع إثيلات الرصاص الذي عادةً يُضاف إلى البنزين في عملية التكريـر لتحسين النوعية وينتج عن تلك المادة عنصر الرصاص والذي يعتبر من الفلزات السامة جداً ومن الملوثات الخطيرة.

٨- التلوث بواسطة المواد المشعة

لابد من الإشارة إلى أن كمية المواد المشعة فى ينابيع المياه والآبار التابعـة لبعض المناطق فى أوروبا قد يتجاوز الحد المسموح به. ولقـد أصـبحت المـواد المشعة المصنعة شائعة مما يسبب الخوف عند الإنسان. وبشكل عام فإن الرقابـة على الصناعات الذرية مستمرة ، إلا أن الخطر المباشر لا يأتي من هذه الناحيـة. ويختلف الحال نتيجة الإستعمال الصناعي والطبي للمواد المشعة الـذي لا يخلـو إستعمالها من عواقب الإهمال .

وتتجمع المواد المشعة عادة في المياه في بعض الأجسام أو في جزء منهـا. هذا التجمع ينتقل كما هو إلى كائنات حية أى وبشكل خاص إلى الإنسـان مسـببة لديه تلفا في أنسجة الخلايا ويكون نتيجته الموت. ولقد زاد الإهتمام في السـنوات الأخيرة بالمخاطر الصحية الناتجة عن التلوث بالمواد المشعة ، وخاصة بعد إنفجار المفاعل الـذري فـي أوكرانيـا عـام 1986 والمعـروف بمفاعـل تشـرنوبل Chernobyl reactor.

ويوجد نوعان من المواد المشعة ، الأول يشمل المواد المشعة الطبيعية مثل

اليورانيوم والثوريوم. والنوع الثاني من المواد المشعة هي النظائر المشعة الصناعية والتي تنتج عن التفاعلات النووية Nuclear reation ، داخل المفاعلات الذرية وتشمل البلوتونيوم Plutonium-242 والراديوم Radium-226.

ويصدر عن المواد المشعه ثلاثة أنواع من الإشعاعات وهى :-

أ- أشعة ألفا α-ray.

ب- أشعة بيتا β-ray.

جـ - أشعة جاما γ-ray.

وأخطر أنواع الأشعة هي أشعة جاما والتى تسبب الأمراض السرطانية والوفاة عند تعرض الإنسان لها. لذا يجب أن تخلو مياه الشرب تماماً من المواد المسببة لأشعة جاما.

٩- التلوث الحراري

ونوع آخر من التلوث الصناعي هو إستخدام بعض المصانع الماء للتبريد وبذلك يلق الماء الساخن في الأنهار أو البحيرات مما يزيد حرارتها ويؤثر علي الحياة الحيوانية والنباتية بها. ويرجع هذا النوع من التلوث إلى البناء المتزايد للمولدات الحرارية والنووية وغيرها على ضفاف المجاري المائية والشواطيء والذي لابد وأن يؤثر على الحياة المائية. إن مخاطر إزدياد درجة حرارة المياه ينتج عنه نقص في كمية الأوكسجين الذائبة ، مما يسيب نقصا فى القدرة على التنقية الذاتية للنهر وهذا يعنى إزدياد في التلوث العضوي مع تغيير فى توزيع الكائنات والأنواع التي تعيش عادة في ذاك النهر.

١٠- التلوث الناتج عن النشاطات المائية

ويحدث هذا النوع من التلوث على الشواطيء وفي الأنهار والقنوات التي تستخدم في مرور المراكب المتوسطة الأوزان وفي مختلف المسطحات المائية القريبة من الأندية السياحية.

١١- التلوث الناتج عن الأمطار

ويحدث هذا النوع من تلوث المياه نتيجة سقوط الأمطار على الدخان الناتج من الإحتراق ومما يحمله من مواد ملوثه مثال ذلك الرصاص الموجود في الغاز المتصاعد من السيارات وبذلك ينتقل التلوث من الهواء إلى المسطحات المائية المختلفة.

١٢- التلوث خلال التنقية الذاتية للماء Water Self purification

هي عملية طبيعية تحدث في أي بيئة مائية وهي القابلية للتخلص من مستويات معينة من المخلفات (طبيعية أو من فعل الإنسان) للحفاظ على صحة البيئة بدون ضرر. وإذا كان حمل التلوث أكبر من قدرة البيئة على التنقية الذاتية ، فهذا يؤدي إلى التلوث بالتأكيد وتحدث هذه العملية بفعل الكائنات الحية في البيئة المائية. فطاقة أشعة الشمس تعمل على تنشيط عملية التمثيل الضوئي في النباتات البحرية والتي تؤدي إلى إنتاج الأكسجين الذي يعمل على تكسير وتحلل المواد العضوية المتواجدة في البيئة. وهذا التحلل ينتج عنه ثاني أكسيد الكربون وبعض العناصر الغذائية والمواد الأخرى التي تحتاجها الحيوانات والنباتات المتواجدة في هذه البيئة. وبموت هذه الكائنات تبدأ البكتيريا في تحليلها وبالتالى تمد الجيل الجديد النامي بإحتياجاته.

وعند تواجد الكثير من المواد السامة التي لا تتأثر بعمليات التحلل ، أي أنها مقاومة للتحلل ، أو أن هذه المواد الملوثة موجودة بكمية كبير تفوق القدرة الإستيعابية ، فهذا يؤدي إلى تلوث الماء.

وعلى أساس التنقية الذاتية للمياه يمكن أن يقسم تلوث الماء إلى :-

١- تلوث عكسي ، حيث يمكن للمياه أن تتنقى ذاتيا ويحدث ذلك تحت الظروف التالية :-

أ - كمية المواد الملوثة محدودة.

ب- النظام البيئي يحتوي على أنواع معينة من البكتيريا لها القدرة على تحلل الجزيئات العضوية.

جـ - المواد الملوثة غير مقاومة للتحلل.

٢- تلوث غير عكسي ، حيث تتلوث المياه بشدة لدرجة عدم قدرتها أو قابليتها للتنقية الذاتية. ويحدث ذلك تحت الظروف التالية :-

أ- تلوث المياه بكميه كبيرة من الملوثات تفوق قدرتها الإستيعابية.

ب- تأثير الملوثات على التوازن الطبيعي طويل المدى مثل تلوث المياه الجوفية بزيت البترول.

جـ- التلوث بالنظائر المشعة.

الباب الرابع

تلوث الهواء

AIR POLLUTION

أولا: مكونات الهواء الجوى

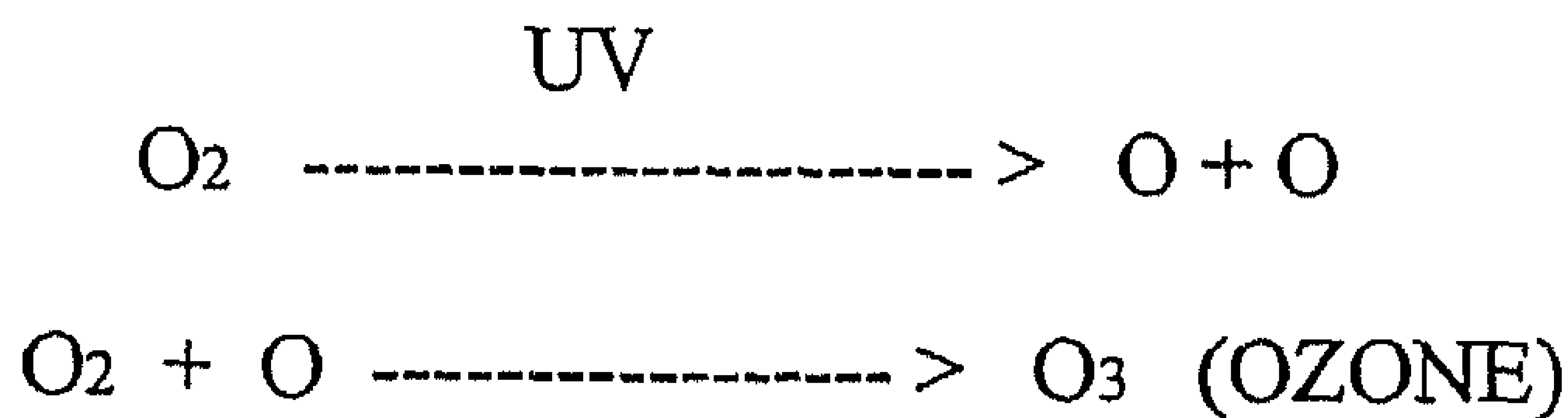
عند الحديث عن تلوث الهواء يجب أولا أن نلقي نظرة سريعة على الغلاف الجوي أو ما يسمى بالهواء. والغلاف الجوي هو حزام من الغازات يحيط بـالكرة الأرضية وحتي إرتفاع 800 إلي 1000 كيلو متر فوق سطح الأرض ويتكون من ثلاث طبقات هى :-

١- تروبوسفير Troposphere وهي الطبقة التي فوق سطح الأرض أى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى. هذه الطبقة هى التي تحدث فيها معظم التغيرات الجوية وتتركز أنشطة الإنسان والحيوان والنبات فيها. وتتميز هذه الطبقة باحتوائها على من 70% - 80% من كتلة الهواء الجوى. كما تتميز هذه الطبقة أيضا باحتوائها على بخار الماء وحدوث الظواهر الجوية المختلفة من سحب وأمطار ورياح. يبلغ سمك طبقة التروبوسفير Troposphere حوالى 11 كيلومتر وتتميز بانخفاض درجة حرارتها كلما إرتفعنا لأعلى عن سطح البحر أو الأرض حتى تصل فى حدودها العليا إلى 60°C (درجة مئوية) تحت الصفر. وتعتبر هذه الطبقة هى طبقة الملوثات حيث يتركز بها أكثر من 99% من كمية الملوثات الجوية.

٢- ستراتوسفير Stratosphere وهي الطبقة التي فوق التروبوسفير وتمتد إلى إرتفاع حوالى 50 كيلومتر فوق سطح الأرض. ولا توجد تقلبات جوية في هذه الطبقة. وحيث أن هذه الطبقة تتميز بالإستقرار ولا توجد بها تيارات رأسية وسحب فتكون هى الأنسب لحركة الطيران. ويبلغ متوسط درجة حرارة هذه الطبقة حوالى 40°C تحت الصفر وتزيد درجة الحرارة مع الإرتفاع إلى أن تصل إلى حوالى

درجة الصفر المئوى عند المستويات العليا. وفى هذه الطبقة توجد طبقة الأوزون التي تحمي سطح الأرض من مخاطر الأشعة فوق البنفسجية حيث يكون الأوزون طبقة سميكة تمتص معظم الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس. وبالتالى تعمل هذه الطبقة كمرشح ضخم يعمل على تنقية أشعة الشمس فوق البنفسجية التى يمكن أن تسبب أضرارا لجميع الكائنات الحية الموجودة على سطح الأرض.

وطبقة الأوزون هي علي إرتفاع من 12 – 50 كيلومتر عن سطح الأرض وتختلف هذه الطبقة بكونها تحوي نسبة عالية من الأوزون. ويتكون الأوزون نتيجة تفكك جزيئات الأوكسجين O_2 بفعل الأشعة فوق البنفسجية فينتج أوكسجين ذري نشيط من خلال تفاعل كيميائي ضوئي ويتفاعل الأوكسجين الذري الناتج مع جزيئات الأوكسجين فيكون الأوزون وذلك حسب التفاعلات التالية :-



وكما ذكرنا سابقا أن أهم وظيفة يقوم بها الأوزون هي إمتصاص الموجات القصيرة للأشعة فوق البنفسجية (UV) والتي إذا نفذت إلي الأرض توقع الضرر بالكائنات الحية.

٣- ميزوسفير Mesosphere وهي الطبقة التي فوق طبقة ستراتوسفير وتمتد حتى إرتفاع 80 كيلومتر تقريبا فوق سطح البحر حيث يبلغ سمكها حوالى 30 كيلومتر. يحدث فى هذه الطبقة إختراق الشهب والنيازك. تبلغ درجة الحرارة فى هذه الطبقة حوالى95 درجة تحت الصفر. وتتميز هذه الطبقة بخفة غازاتها ويتركز فيها الهيدروجين والهليوم.

٤- ثرموسفير Thermosphere وهى الطبقة التى تلى طبقة ستراتوسفير Stratosphere وتمتد من 80 إلى 800 كيلومتر فوق سطح الأرض. تعرف هذه

الطبقة أيضا بالطبقة المتأينة Ionsphere لأنها تحتوى على جزيئات متأينة من الغازات. الهواء فى هذه الطبقة قليل الكثافة ويزداد فيه غاز الهيدروجين وغاز الهيليوم كما يتواجد غاز الأوكسيجين أيضا. هذه الطبقة تتأثر بدرجة كبيرة بالنشاط الشمسى فعند حدوث الإنفجارات الشمسية تزداد حالة التأين بها وينتج عن ذلك أن تمتص هذه الطبقات الموجات اللاسلكية وتتسبب فى تشويش وقطع الإتصالات اللاسلكية والإذاعية فوق سطح الأرض. تصل درجة الحرارة فى الأجزاء العليا من هذه الطبقة إلى حوالى 2000 درجة مئوية فوق الصفر وذلك نتيجة لإصطدام جزيئات المادة ووجود الأوكسيجين الذى يمتص الأشعة فوق البنفسجية.

٥- إكسوسفور Exosphorer وهى الطبقة الخارجية من الجو وتبدأ من إرتفاع حوالى 800 كيلومتر فوق سطح الأرض وتمتد إلى أن تلامس الفراغ الكونى. تصل درجة الحرارة فى هذه المنطقة إلى حوالى 1500 درجة مئوية ولذلك يطلق عليها إسم الطبقة الحرارية. هذه الطبقة من الغلاف الجوى تحتوى على نسبة ضئيلة جدا من الهيدروجين والهيليوم والأوكسيجين الذرى.

إن الهواء الجوي الجاف النقي الغير ملوث يتكون من 78% نيتروجين و 21% أوكسجين وحوالي 0.9% غاز أرجون والبقية عبارة عن تركيزات قليلة من ثاني أكسيد الكربون والنيون والهليوم والهيدروجين وغيرها. وبالإضافة إلى ذلك فإن الهواء الجوى يحتوي على بخار الماء.

إن الهواء الجوى يحتفظ بمكوناته في الظروف الطبيعية. وحسب دورة الحياة في النظام البيئي فإن النبات مثلاً يأخذ ثاني أكسيد الكربون من الجو ويحتفظ بالكربون ويطلق الأوكسجين. وتتنفس الكائنات الحية الأوكسجين. وإذا زادت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو فإن الفائض يذوب في البحار والمحيطات ويتفاعل مع أملاح الكالسيوم مكوناً كربونات الكالسيوم (الأحجار الجيرية). وبذلك تحفظ الطبيعة ذاتها.

ثانيا: التقدم الصناعى وتلوث الهواء

تعيش الكائنات المختلفة في طبقة رقيقة تحيط بالكرة الأرضية تسمى بالغلاف الجوي (Biosphere). لهذا الغلاف أهمية كبيرة ليس فقط لأنه الوسط الذي تعيش فيه وتتكاثر الكائنات الحية ، وإنما لأنه يشكل أيضاً المكان الذي تجري فيه التغيرات الأساسية الفيزيائية والكيميائية التي تطرأ على المواد غير الحية من الكرة الأرضية. هذا الغلاف الحيوي الذي نعيش بين أحضانه ونتنفس من هوائه ، تعاني أجزاؤه المختلفة الأرضية والمائية والهوائية من التلوث في الوقت الحالي. وقد عمت آثار التلوث أقطار العالم قاطبة ، وهددت مخاطرها البشر في مختلف البقاع.

لقد بينت الدراسات والأبحاث أن تلوث الهواء يهدد حياة البشرية والكائنات الحية الأخرى. وبالرغم من كل الجهود التي بذلت على مر السنين الماضية للحد من تدهور البيئة فإن الوضع البيئي الآن أسوأ منه قبل عشرين سنة بالرغم من بعض الإنجازات الخاصة بالحد من التلوث في الدول الصناعية.

إن تلوث الهواء واستنزاف الموارد الطبيعية أصبح من أهم المشاكل البيئية التي يواجهها العالم في هذا العصر. ونتيجة لدورة الهواء العامة يمكن القول بأن التلوث أصبح ظاهرة عالمية تشمل كامل الطبقة السفلى من الغلاف الجوي وأن حوالي سدس سكان العالم يتنفسون حالياً هواءا ملوثاً.

لقد برزت هذه المشكلة بشكل كبير في النصف الأخير من القرن العشرين نتيجة للتقدم العلمي والتقدم الصناعى الهائل وما رافقه من تطور في التقنية وزيادة هائلة في عدد السكان ، والإعتقادات الخاطئة بأن الهواء ملك مشاع وعلى كل فرد أو مجموعة من الأفراد أن تستغله لأغراضها الذاتية دون الأخذ في الإعتبار مصالح الآخرين. ولقد طغت مشكلة التلوث في الوقت الحاضر على التفكير الإنساني عامة ، حتى خيل للكثير من الناس أن مشكلة تلوث الهواء هي المشكلة البيئية الوحيدة التي يعاني منها عالمنا المتمدن في الوقت الحاضر لأنها تتحدى

بالفعل الإنسان وقدراته ، وتفوق أحياناً طاقته ، وتقاوم كل علاج أو محاولة للتخلص منها.

إن ظاهرة تلوث الهواء ليست ظاهرة حديثة العهد ، وإن كانت حديثة الإنفجار ، فهي من الظواهر التي يرجع عمرها إلى عمر الحضارات القديمة. لقد بدأت هذه الظاهرة منذ أن عرف الإنسان النار واستخدامها لصهر المعادن والطهي والإنارة والتدفئة وحرق الغابات الطبيعية التي تحيط به ، لحماية نفسه من الحيوانات المفترسة والأعداء. وبالرغم من ذلك فإن حجم المشكلة كان محدوداً جداً ولا يتعدى الكهف ، الذي يعيش فيه الإنسان البدائي ، أو المساحة المحدودة من الغابة التي يقطن بجوارها ، لأن البيئة وقتذاك كانت قادرة بقواها الذاتية على إمتصاص التلوث واحتوائه وتنقية ذاتها بذاتها ، مادامت حالة التلوث الناتجة محدودة في كميتها وعناصرها ، إذا ما قيست بالكمية والنوعية الناتجة منذ عصر الثورة الصناعية حتى الآن. ومع أن هذه المشكلة بقيت ضئيلة لفترة طويلة من الزمن فإنها كبرت وتضخمت ببطء،، وبدأت تتضح في العصور الوسطى ، وتتفاقم بشكل سريع ، نتيجة الثورة الصناعية والإنفجار السكاني وزيادة معدلات نمو المدن الصناعية ، ولكنها لم تظهر على المستوى العالمي بصورة ملحة إلا في الستينات من القرن الماضي ، لأن هذه الملوثات الملقاة في الجو قد تضاعفت خلال هذه الفترة.

لقد أدرك أجدادنا العرب من القدم أهمية تلوث الهواء وأثره على المجتمع وضرورة حماية البيئة والمحافظة عليها. وشعر الإنسان منذ القدم بأهمية إصدار التشريعات وسن القوانين التي تحد من تلويث الهواء. ولعل أول القوانين التي أتخذت في هذا المجال كانت في لندن عام 1273 عندما أصدر الملك إدوارد الأول قانوناً يمنع إستعمال الفحم منعاً لتلوث الهواء ، وقد جرى إعدام أحد الرجال في العصور الوسطى لحرقه الفحم. ثم تكونت في إنجلترا فيما بعد بين الأعوام 1285-1310 أربع هيئات لدراسة تلوث الهواء الذي نجم عن التحول من إستخدام الحطب إلى الفحم في أفران صناعة الجير. وقد أخذت الملوثات تزداد منذ الثورة

الصناعية ، فأصبحت بعد الحرب الأهلية الأمريكية مشكلة مزمنة في الولايات المتحدة الأمريكية ، حتى أن حجم الملوثات وسمكها بلغ في بعض المناطق حداً كبيراً ، بحيث تشكل غطاءاً كثيفاً يحجب جزءاً من أشعة الشمس من الوصول إلى سطح الأرض ، كما هو الحال في مدينة نيويورك ومدينة شيكاغو. إذ تحجب ملوثات الهواء عن هاتين المدينتين ما بين 25% - 40% من الأشعة الشمسية الساقطة. ومع أن الولايات المتحدة وكثيرا من الدول أقرت مجموعة من الإجراءات الهامة منذ عشرات السنين لمنع تلوث الغلاف الجوي ، فإن حالة الجو تزداد سوءاً عاماً بعد عام في جميع أقطار العالم ، لأن تلوث الهواء لا يعترف بالحدود السياسية والجغرافية بين الدول.

ثالثا: مصادر تلوث الهواء

يمكن تقسيم مصادر تلوث الهواء إلى نوعين رئيسيين :-

أ- المصادر الطبيعية

وهي المصادر التي لا دخل للإنسان فيها. هذه المصادر يصعب التحكم فيها أو منع إنبعاث الملوثات منها مع أنها تلوث الهواء بكثير من الغازات والأتربة. لكن الأضرار الناتجة عن تلك الملوثات الطبيعية للهواء ليست جسيمة إذ تأقلمت معها كثير من ألوان الحياة فوق سطح الأرض بسبب تواجدها أو تواجد الكثير منها في الهواء منذ بدء الحياة. ومن أمثلة هذه الملوثات الطبيعية :-

١- غازات ثاني أكسيد الكبريت وفلوريد الأيدروجين وكلوريد الأيدروجين المتصاعدة من البراكين المضطربة.

٢- أكاسيد النيتروجين الناتجة عن التفريغ الكهربي في السحب الرعدية.

٣- كبريتيد الأيدروجين الناتج عن انتزاع الغاز الطبيعي من جوف الأرض أو بسبب البراكين أو تواجد البكتيريا الكبريتية.

٤- غاز الأوزون المتخلق ضوئياً في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربي في السحب.

٥- تساقط الأتربة المتخلفة عن الشهب والنيازك إلى طبقات الجو السطحية.

٦- الأملاح التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المنخفضات والجبهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية من التربات العارية.

٧- حبيبات لقاح النباتات.

٨- الفطريات والبكتيريا والميكروبات المختلفة التي تنتشر في الهواء سواء كان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الحيوانات والطيور الميتة والفضلات الآدمية.

٩- المواد ذات النشاط الإشعاعي كتلك الموجودة في بعض تربات وصخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات الجوية بفعل الأشعة الكونية.

ب- المصادر غير الطبيعية

وهي التي تنشأ بفعل الإنسان وبالتالي يصبح بمقدور الإنسان نفسه أن يتحكم فيها ويمنع أو يخفض كميات الملوثات المنبعثة منها. هذه المصادر تثير العديد مما لا يمكن حصره من مواد ملوثة وروائح كريهة وضوضاء معظمها ضار بأشكال الحياة المختلفة لأنها حديثة التواجد في الهواء وتغير كثيراً من المواصفات والخصائص المعتادة للبيئة الإنسانية. وأهم تلك المصادر :-

١- إستخدام الفحم والغاز الطبيعي والمواد والمشتقات النفطية كوسيلة للوقود في الصناعات والحرف المختلفة ومصادر القوى والأغراض المعيشية المختلفة.

٢- الحرف والصناعات المختلفة.

٣- وسائل النقل بأنواعها البري والبحري والجوي.

٤- النشاط السكاني ويتعلق بمخلفات المنازل من المواد الصلبة والسائلة وكذلك بسبب كثرة إستخدام المبيدات الحشرية والمذيبات الصناعية.

وكما ذكرنا سابقا أن التلوث الهوائي يحدث من مصادر مختلفة والتي قد تكون طبيعية أو من الأنشطة المختلفة للإنسان. فالطبيعية مثل العواصف والرعد والأمطار والزلازل والفيضانات. ويسهم الإنسان بالجزء الأكبر في حدوث التلوث

الهوائي عن طريق مخلفات الصرف الصحي والنفايات والمخلفات الصناعية والزراعية والطبية والنفط ومشتقاته والمبيدات والمخصبات الزراعية والمواد المشعة ، وهذا يؤدي إلى إلحاق العديد من الأضرار بالنظام البيئي.

ومما سبق نلاحظ أن تلوث الهواء هو وجود مواد في الهواء بتركيزات مختلفة تكون ضارة بصحة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو التربة أو البيئة. يعني إختلاط الهواء بمواد معينة ، مثل وقود العادم والدخان. وبإمكان تلوث الهواء الإضرار بصحة النباتات والحيوانات ، وتخريب المباني والإنشاءات الأخرى. وتقدر منظمة الصحة العالمية أن ما يقرب من خمس سكان العالم يتعرضون لمستويات خطرة من ملوثات الهواء.

يتكون الغلاف الجوي ، في وضعه الطبيعي ، من النيتروجين والأوكسجين وكميات صغيرة من ثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى والهبائيات (جسيمات دقيقة من المواد السائلة أو الصلبة). ويعمل عدد من العمليات الطبيعية على حفظ التوازن بين مكونات الغلاف الجوي. فمثلاً، تستهلك النباتات ثاني أكسيد الكربون وتطلق الأوكسجين، وتقوم الحيوانات بدورها باستهلاك الأوكسجين وإنتاج ثاني أكسيد الكربون من خلال دورة التنفس. وتنبعث الغازات والهبائيات إلى الغلاف الجوي من جراء حرائق الغابات والبراكين ، حيث تجرفها أو تبعثرها الأمطار والرياح. يحدث التلوث الهوائي عندما تطلق المصانع والمركبات كميات كبيرة من الغازات والهبائيات في الهواء ، بشكل تعجز معه العمليات الطبيعية عن الحفاظ على توازن الغلاف الجوي. ويوجد نوعان رئيسيان من التلوث هما :-

١- تلوث الهواء الخارجي: حيث تطلق في كل عام مئات الملايين من الأطنان من الغازات والهبائيات داخل الغلاف الجوي. ويحدث معظم هذا التلوث نتيجة إحتراق الوقود المستخدم في تشغيل المركبات وتدفئة المباني ، كما يصدر بعض التلوث عن العمليات الصناعية والتجارية. فمثلاً، يُستخدم مركّب فوق كلوريد الإثيلين ــ وهو ملوّث خطر ــ في الكثير من معامل التنظيف الجاف ، لإزالة

الأوساخ من على الملابس. وقد يؤدي حرق النفايات إلى إنطلاق الدخان والفلزات الثقيلة مثل الرصاص والزئبق داخل الغلاف الجوي. ومعظم الفلزات الثقيلة سام جدًا.

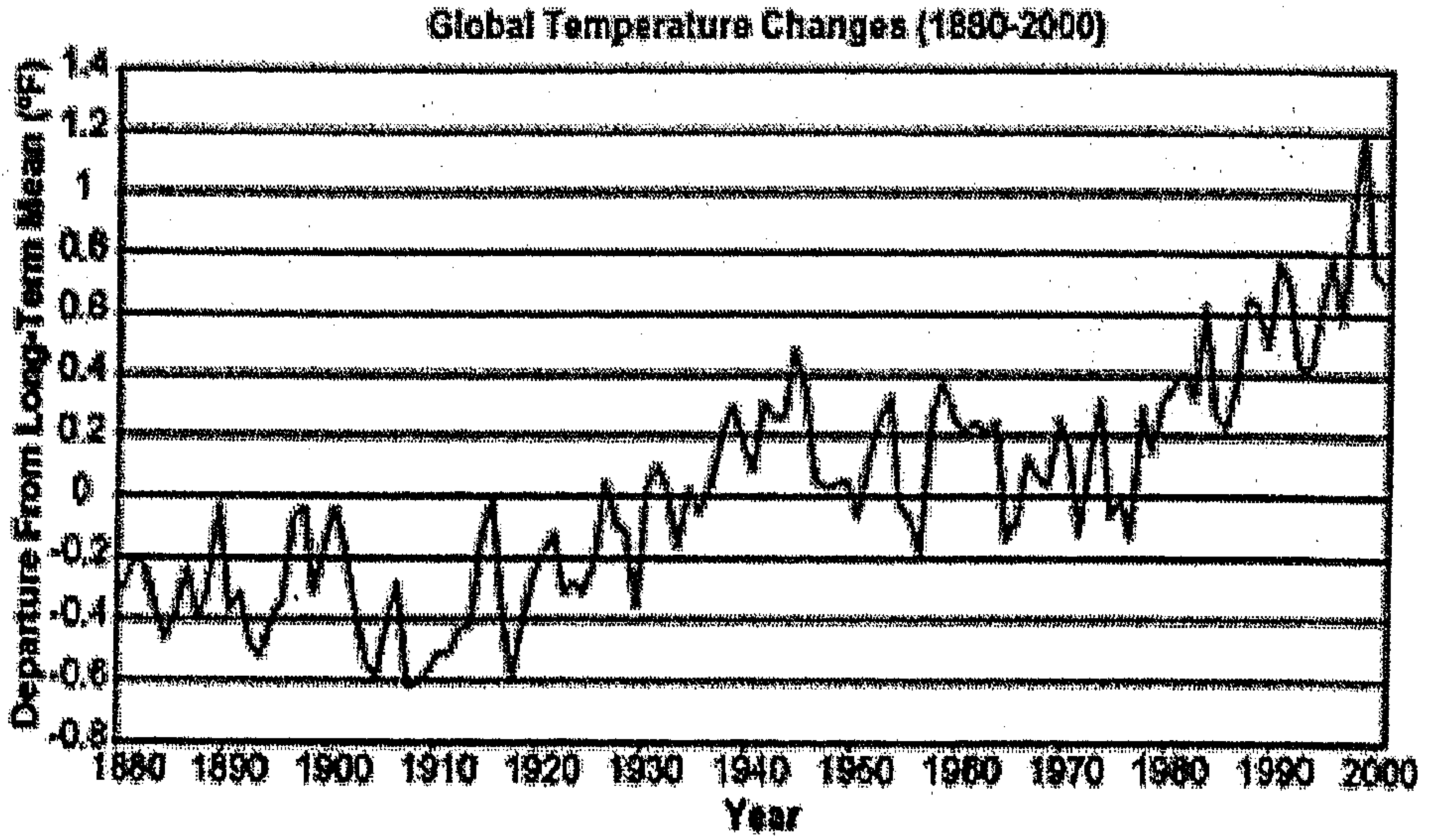
ومن أكثر الملوثات الهوائية الخارجية شيوعًا الضباب الدخاني ، وهو مزيج ضبابي من الغازات والهبائيات بني اللون ، يتكون عندما تتفاعل غازات معينة، منطلقة نتيجة إحتراق الوقود والمنتجات البترولية الأخرى ، مع أشعة الشمس في الغلاف الجوي ، حيث ينتج عن هذا التفاعل مواد كيميائية ضارة تشكل الضباب الدخاني.

ومن الكيميائيات الموجودة في الضباب الدخاني شكل سام من أشكال الأوكسجين يسمى الأوزون. ويؤدي التعرض لتركيزات عالية من الأوزون إلى الإصابة بالصداع وحرقة العيون وتهيج المجرى التنفسي لدى العديد من الأفراد. وفي بعض الحالات قد يؤدي وجود الأوزون في الطبقات المنخفضة من الغلاف الجوي إلى الوفاة. كما يمكن للأوزون أن يدمر الحياة النباتية ، بل ويقتل الأشجار. يطلق مصطلح المطر الحمضي على المطر وغيره من أشكال التساقط ، التي تتلوث بشكل رئيسي بحمضي الكبريتيك والنيتريك. ويتكون هذان الحامضان عندما يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين مع بخار الماء في الهواء. وتنتج هذه الغازات أساسًا عن إحتراق الفحم والغاز والزيت في المَرْكَبات والمصانع ومحطات القدرة. وتتحرك الأحماض الموجودة في المطر الحمضي خلال الهواء والماء ، ويسبب الضرر للبيئة على مدى مساحات شاسعة. وقد أدى المطر الحمضي إلى قتل تجمعات سمكية كاملة في عدد من البحيرات. ويؤدي أيضًا إلى تلف المباني والجسور والنصب التذكارية. ويرى العلماء أن التركيزات العالية من المطر الحمضي يمكنها أن تتسبب في الإضرار بالغابات والتربة. وتشمل المناطق المتأثرة بالمطر الحمضي أجزاء شاسعة من شرق أمريكا الشمالية وإسكندينافيا ووسط أوروبا.

وتلوث كيميائيات تسمى الكلوروفلوروكربونات طبقة الأوزون في الغلاف الجوي العلوي. وتستخدم هذه المركبات في الثلاجات والمكيفات وفي صناعة عوازل الرغوة البلاستيكية. ويشكل الأوزون ، وهو الملوث الضار الموجود في الضباب الدخاني ، طبقة واقية في الغلاف الجوي العلوي ، حيث تحمي سطح الأرض من أكثر من 95% من إشعاعات الشمس فوق البنفسجية. والأوزون يأتي نتيجة تفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربون في وجود أشعة الشمس وهو أحد مكونات الضباب الدخاني (Smog). ولأن الكلوروفلوروكربونات تقلل طبقة الأوزون فإن المزيد من الإشعاعات فوق البنفسجية سيصل إلى الأرض. ويدمر التعرض المفرط لهذه الإشعاعات النباتات ، ويزيد من خطورة تعرض الناس لسرطان الجلد.

وتأثير البيت المحمي هو التسخين الناتج عن إحتباس الغلاف الجوي لحرارة الشمس. ويسبب هذه الظاهرة غاز ثاني أكسيد الكربون والميثان والغازات الجوية الأخرى، والتي تسمح لأشعة الشمس بالوصول إلى الأرض ، ولكنها تحول دون خروج الحرارة من الغلاف الجوي. وتسمى هذه الغازات التي تعمل على إحتباس الحرارة غازات البيت المحمي. والشكل (١-٤) يوضح الإزدياد فى إرتفاع درجة حرارة الأرض المستمر من عام 1880 إلى عام 2000.

يبين هذا الشكل أن معدل درجة الحرارة إرتفع بدرجة كبيرة خلال المائة سنة الماضية. هذا الإرتفاع سوف يؤدي إلى الكثير من الكوارث الطبيعية ، مثل الأعاصير وازدياد التصحّر والأمطار الحامضية وغير ذلك. ويتوقع العلماء أن درجة الحرارة الأرض سترتفع ثلاث درجات خلال هذا القرن إن لم تُتخذ الإجراءات المناسبة.



شكل ١-٤: رسم بيانى يوضح إرتفاع درجة حرارة الأرض من عام 1880 إلى عام 2000.

يؤدي إحتراق الوقود والنشاطات البشرية الأخرى إلى زيادة كمية غازات البيت المحمي في الغلاف الجوي. ويعتقد كثير من العلماء أن هذه الزيادة تكثف تأثير البيت المحمي وتؤدي إلى رفع درجة الحرارة عالميًا. وقد تؤدي هذه الزيادة في درجة الحرارة والتي تسمى التدفئة العالمية إلى حدوث مشاكل كثيرة. وبإمكان تأثير البيت المحمي ، إذا كان قويًا ، أن يتسبب في إنصهار المثالج وأغطية الجليد القطبية ، وأن يؤدي إلى فيضان الشواطئ. وبإمكانه أيضًا إحداث تحول في أنماط تساقط الأمطار ، مما يؤدي بدوره إلى إزدياد الجفاف وحدوث العواصف المدارية الشديدة.

٢- تلوث الهواء الداخلي: يحدث هذا التلوث عن إحتباس الملوثات داخل المباني التي تعاني أنظمة تهويتها من سوء التصميم. وأنواعه الرئيسية هي دخان السجائر والغازات المنبعثة من المواقد والأفران ، والكيميائيات المنزلية ، وجسيمات الألياف

والأبخرة الخطرة المنبعثة من مواد البناء ، مثل العوازل والبويات والأصماغ. وتتسبب الكميات الكبيرة من هذه المواد داخل بعض المكاتب في حدوث الصداع وتهيج العيون ومشاكل صحية أخرى للعاملين فيها. وتسمى مثل هذه المشاكل الصحية أحيانًا متلازمة المباني المريضة.

والرادون ــ وهو غاز مشع ينبعث عن إنحلال اليورانيوم في الصخور الأرضية ــ ملوث خطر آخر. ففي مقدوره أن يسبب سرطان الرئة إذا ما إستنشق بكميات وافرة. ويتعرض الناس لغاز الرادون إذا ما تسرب هذا الغاز إلى الطوابق السفلى من المنازل المبنية فوق تربة أو صخور مشعة. وفي مقدور المباني عالية الكفاءة ، والتي تحافظ على الهواء الساخن أو البارد داخلها ، أن تحتبس الرادون في الداخل وأن ترفع من تركيزه.

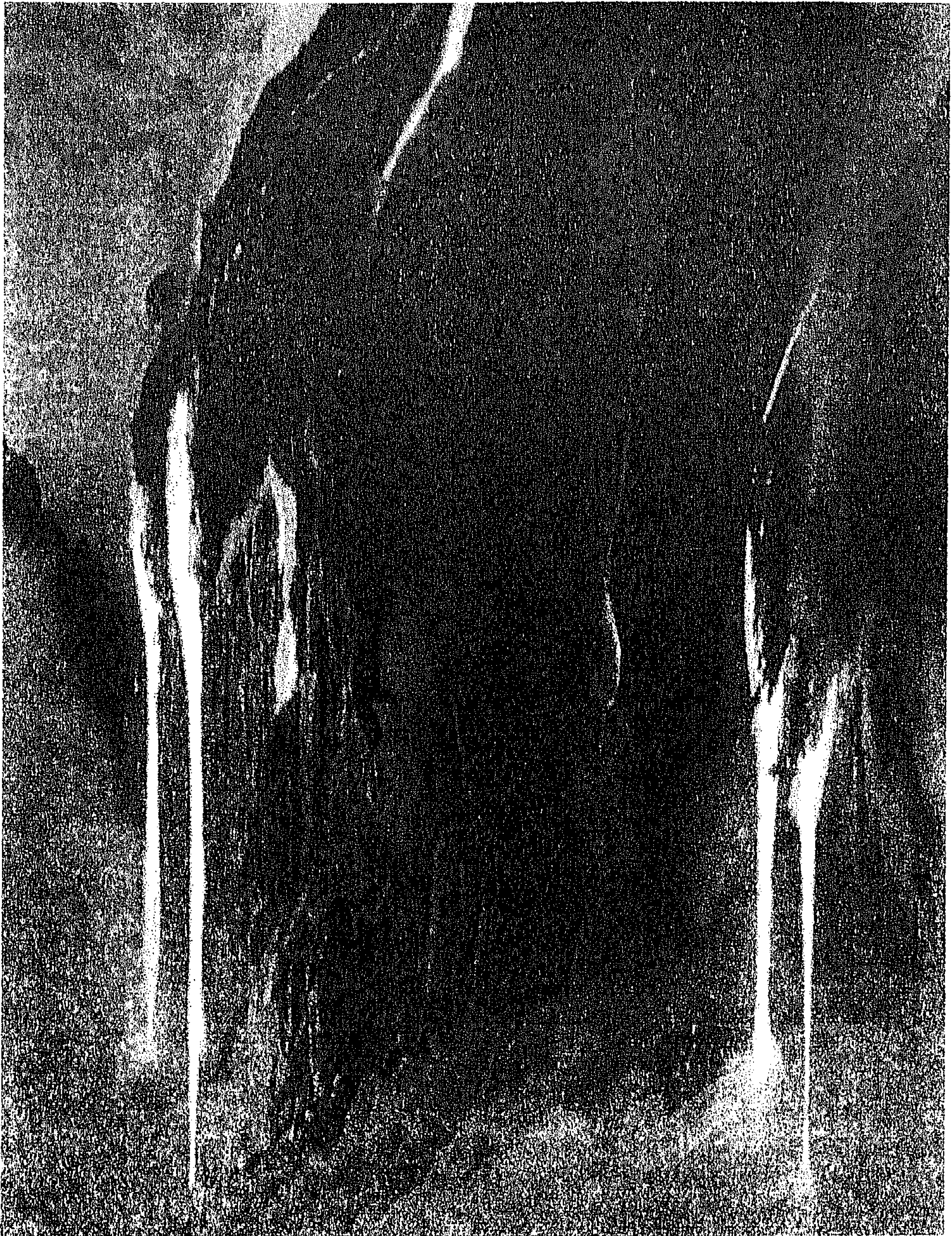
سوف نستعرض ببعض من التوضيح مصادر تلوث الهواء والتى ترجع وكما ذكرنا سابقا إلى مصدرين رئيسين هما :-

أولاً: مصادر طبيعية :-

وهذه لا دخل للإنسان بها أي أنه لم يتسبب في حدوثها ويصعب التحكم بها وهي تلك الغازات الناتجة من البراكين وحرائق الغابات والأتربة الناتجة من العواصف. ويقصد بهذة المصادر النشاطات الطبيعية التى ليس لنشاط الإنسان أى دور فى حدوثها حيث تلقى إلى الهواء كميات محسوسة من الأبخرة والغازات والجسيمات الدقيقة. ومن أمثلة هذة النشاطات الطبيعية البراكين والزلازل والرياح والأعاصير.

أ- البراكين

وهو خروج الصخور المنصهرة من باطن الأرض إلى سطحها ، حيث تجرى فى صورة سائله وذلك كما هو موضح فى الشكل (٢-٤) على سطح الأرض ، ويتجمد كلما إنخفضت درجة حرارته مكونا صخور أو تلالا.



شكل ٢-٤: الصخور المنصهرة من البراكين.



تابع شكل ٢-٤: الصخور المنصهرة من البراكين.

وتحتوى المجما (الصخور المنصهرة) على كميات مختلفة من الغازات المنحلة التى تكون محتجزة فى الصخر المنصهر الداخلى بالضغط ، حيث تلعب هذة الغازات عند إطلاقها دورا كبير فى تلويث الهواء الجوى. ويعتبر الماء هو المادة الرئيسية الطيارة فى المجما وهو يتسرب على شكل بخار ملىء كما أن ثانى أكسيد الكربون هو الغاز الشائع فى الإنفجارات البركانية وكذلك غاز النيتروجين ، بالإضافة إلى كميات قليلة من أول أكسيد الكربون والهيدروجين والنشادر والميثان وغيرها. وبجانب الغازات الصلبة المنبعثة من الإنفجار البركانى تنطلق أيضا كميات من المواد البركانية الصلبة على هيئة غبار ناعم يقذف بة لمسافات تبلغ عشرات الكيلو مترات وتبقى فى الجو عدة أشهر مسببة غيوم

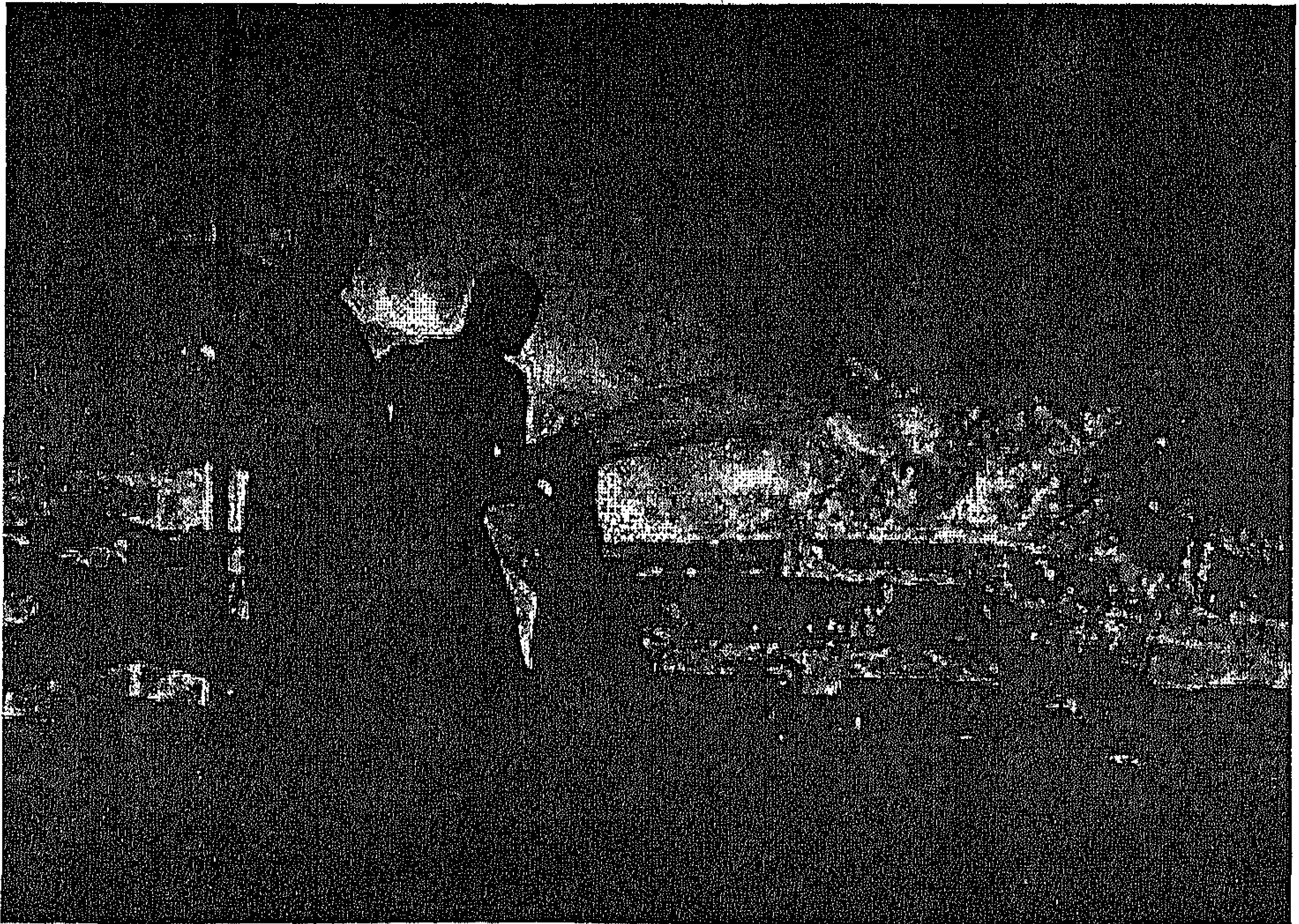
وبالتالى تؤثر على كمية الأشعة الشمسية العابرة من خلاله وبالتالى على حرارة الأرض وجوها القريب منها. وكثيرا ماتبدو الغازات المنطلقة والرماد المندفع من البراكين بصورة غيوم نارية تعرف بالغيوم المتوهجة ، حيث تبلغ حرارتها في كثير من الحالات مايزيد عن $500\ C^{o}$ درجة مئوية.

ب- الزلازل

تؤدى الزلازل إلى إندلاع الحرائق وإنبعاث كميات هائلة من الأتربة والغازات إلى الهواء الجوى مما يسبب تلوثه.

? - الرياح والعواصف والأعاصير

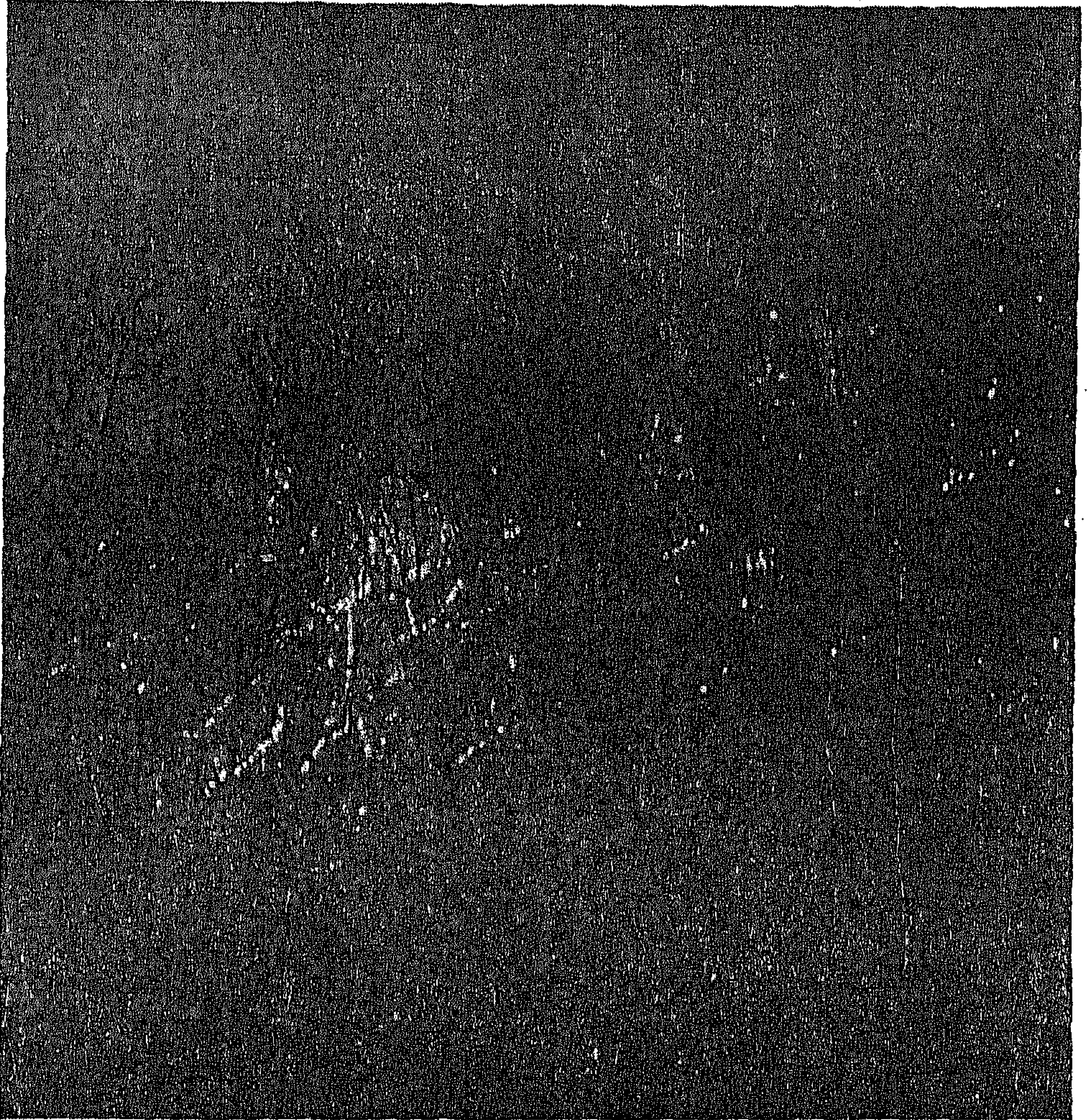
تسبب الرياح والعواصف الترابية فى إندلاع الحرائق فى أماكن متفرقة ، مما يتسبب فى إنبعاث كميات من الأتربة والدخان والجسيمات الدقيقة إلى الهواء الجوى وذلك كما هو موضح فى الشكل (٣-٤). وتكثر العواصف الترابية فى الصحارى والمناطق المجاورة لها خصوصا فى فصلى الربيع والصيف وأيضا فى الخريف.



شكل ٣-٤: إندلاع الحرائق فى عدة أماكن بسبب الرياح والعواصف الترابية.

د- الحرائق الطبيعية فى الغابات

وتحدث هذة الحرائق بسبب إرتفاع درجة الحرارة وتؤدى هذة الحرائــق إلــى القضاء على مظاهر الحياة بتلك الغابات وذلك كمــا هــو موضــح فــى الشــكل (٤-٤). ونتيجة هذة الحرائق تنطلق فى الجو غيوم دخانية كثيفة وقاتمة. وتتميــز غيوم الحرائق بسرعة تطورها وإنتشارها وبقتامة لونها.



شكل ٤-٤: الحرائق الطبيعية فى الغابات.



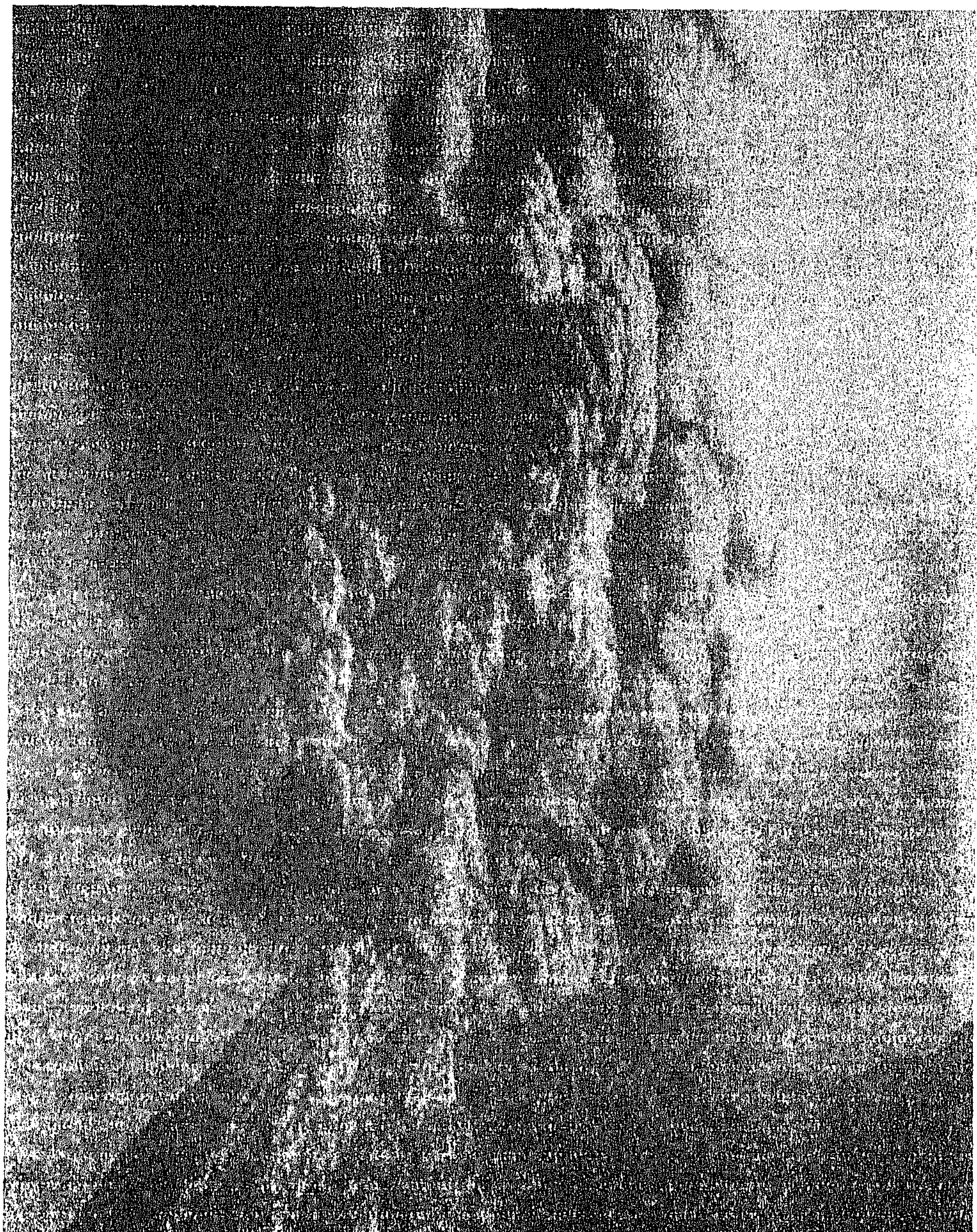
تابع شكل ٤-٤: الحرائق الطبيعية فى الغابات.

وهذه المصادر الطبيعية للتلوث عادة تكون محدودة في مناطق معينة ومواسم معينة وأضرارها ليست جسيمة إذا ما قورنت بالأخرى. ومن الأمثلة لهذه الملوثات الطبيعية :-

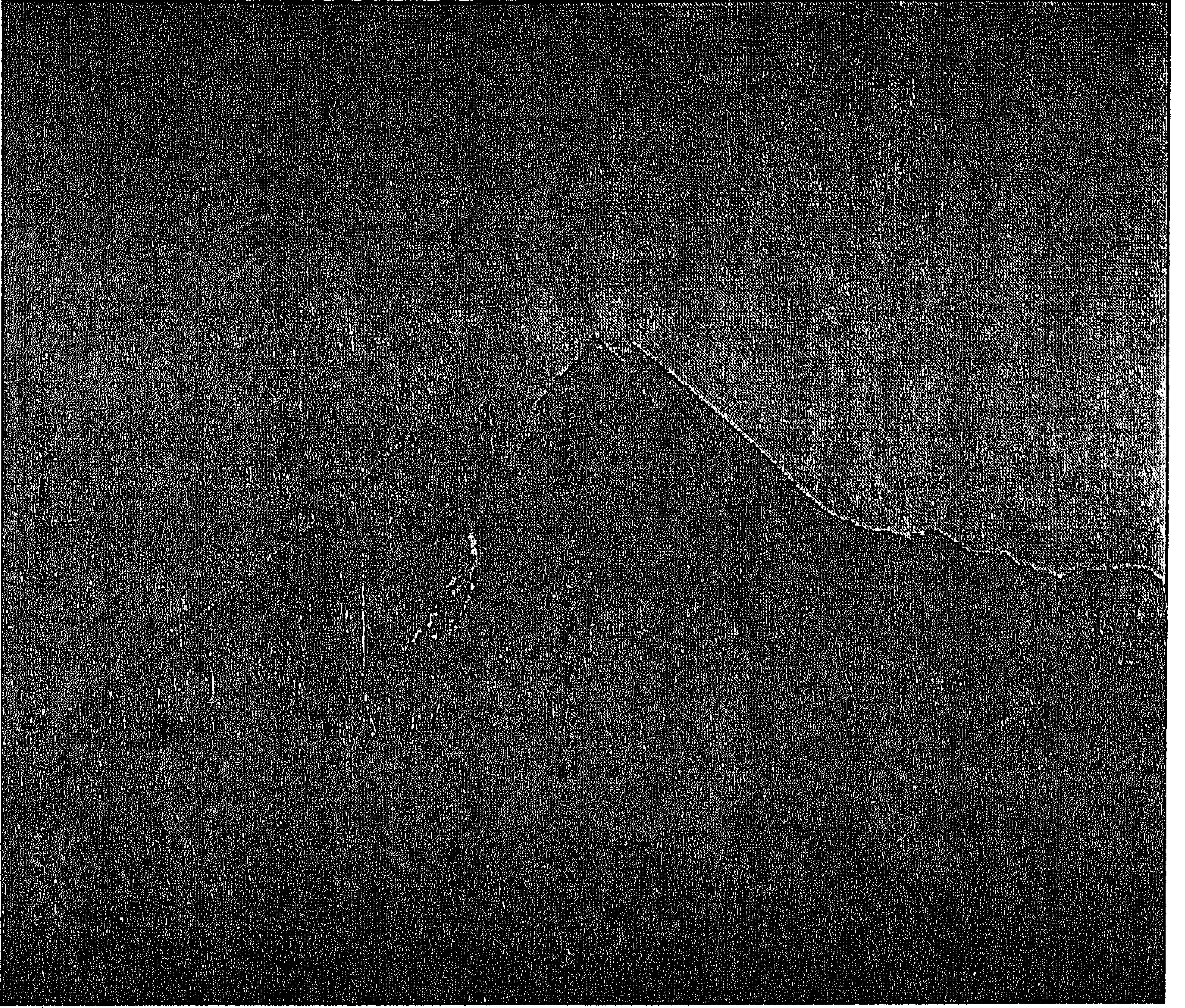
١- غازات ثاني أكسيد الكبريت ، فلوريد الإيدروجين ، وكلوريد الهيدروجين المتصاعدة من البراكين المضطربة وذلك كما هو موضح فى الشكل (٥-٤).

٢- أكاسيد النيتروجين الناتجة عن التفريغ الكهربي للسحب الرعدية.

٣- كبريتيد الهيدروجين الناتج من إنتزاع الغاز الطبيعي من جــوف الأرض أو بسبب البراكين أو تواجد البكتيريا الكبريتية.



شكل ٥-٤: الغازات المنبعثة من البراكين.



تابع شكل ٥-٤: اللهب والحمم والغازات المنبعثة من البراكين.

٤- غاز الأوزون المتخلق ضوئياً في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربي في السحب.

٥- تساقط الأتربة المتخلفة عن الشهب والنيازك إلى طبقات الجو السطحية.

٦- الأملاح التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المنخفضات والجبهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية من التربات العارية.

٧- حبيبات لقاح النباتات.

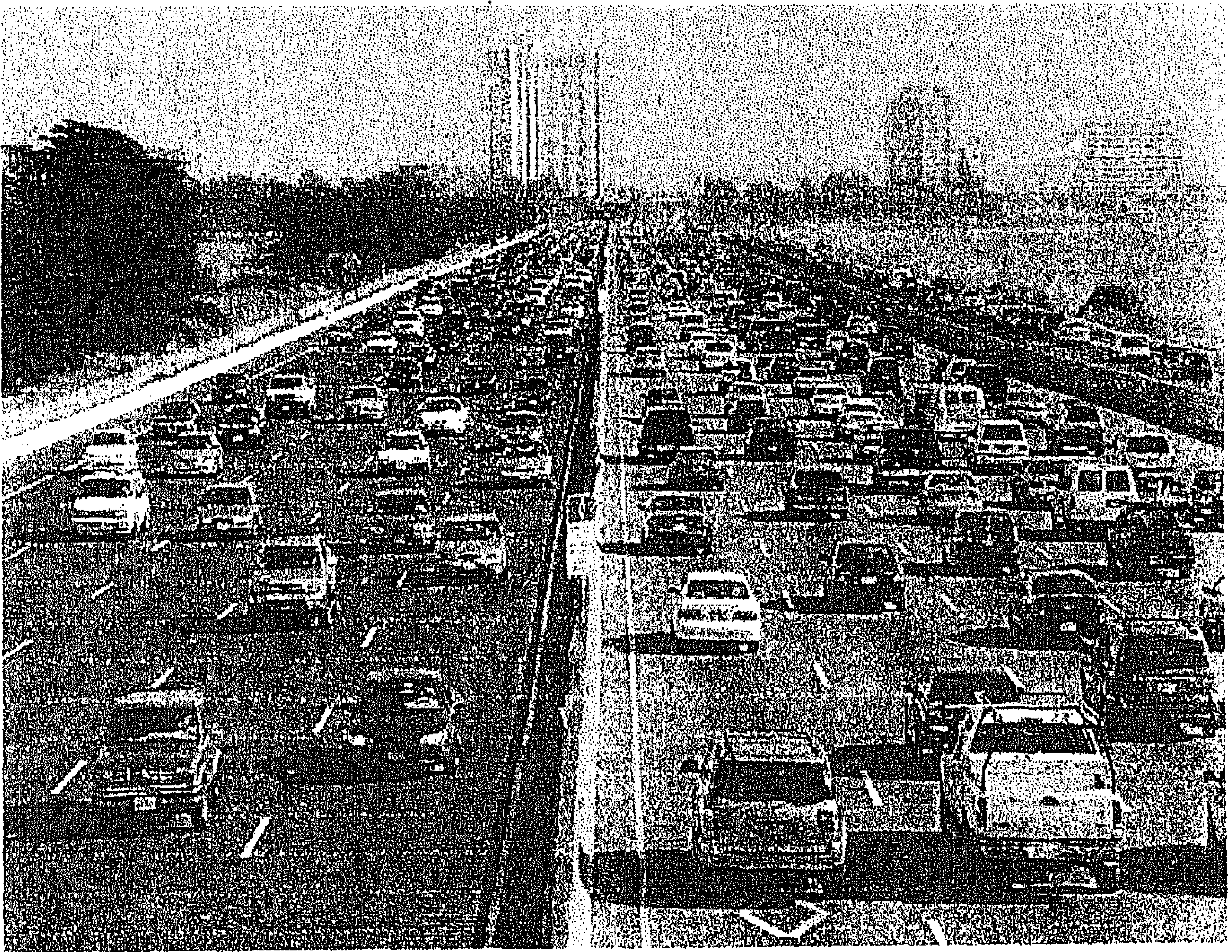
٨- الفطريات والبكتيريا والميكروبات المختلفة التي تنتشر في الهواء سواء كان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الحيوانات والطيور الميتة والفضلات الآدمية.

٩- المواد ذات النشاط الإشعاعي كتلك الموجودة في بعض تربات وصخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

ثانياً: المصادر الغير طبيعية

وهي التي يحدثها أو يتسبب في حدوثها الإنسان وهي أخطر من السابقة وتثير القلق والإهتمام حيث أن مكوناتها أصبحت متعددة ومتنوعة وأحدثت خللاً في تركيبة الهواء الطبيعي وكذلك في التوازن البيئي وبالإمكان تخفيض الضرر الناتج عنها. وهى تشمل جميع المصادر الصناعية ونشاطات الإنسان وتجاربة المختلفة وحضارتة وتقنياتة المختلفة. وأهم المصادر البشرية التى تؤدى إلى حدوث التلوث الجوى هى :-

١- وسائل النقل البرى والبحري والجوى المزودة بمحركات البنزين ومحركات الديزل وذلك كما هو موضح فى الشكل (٦-٤).

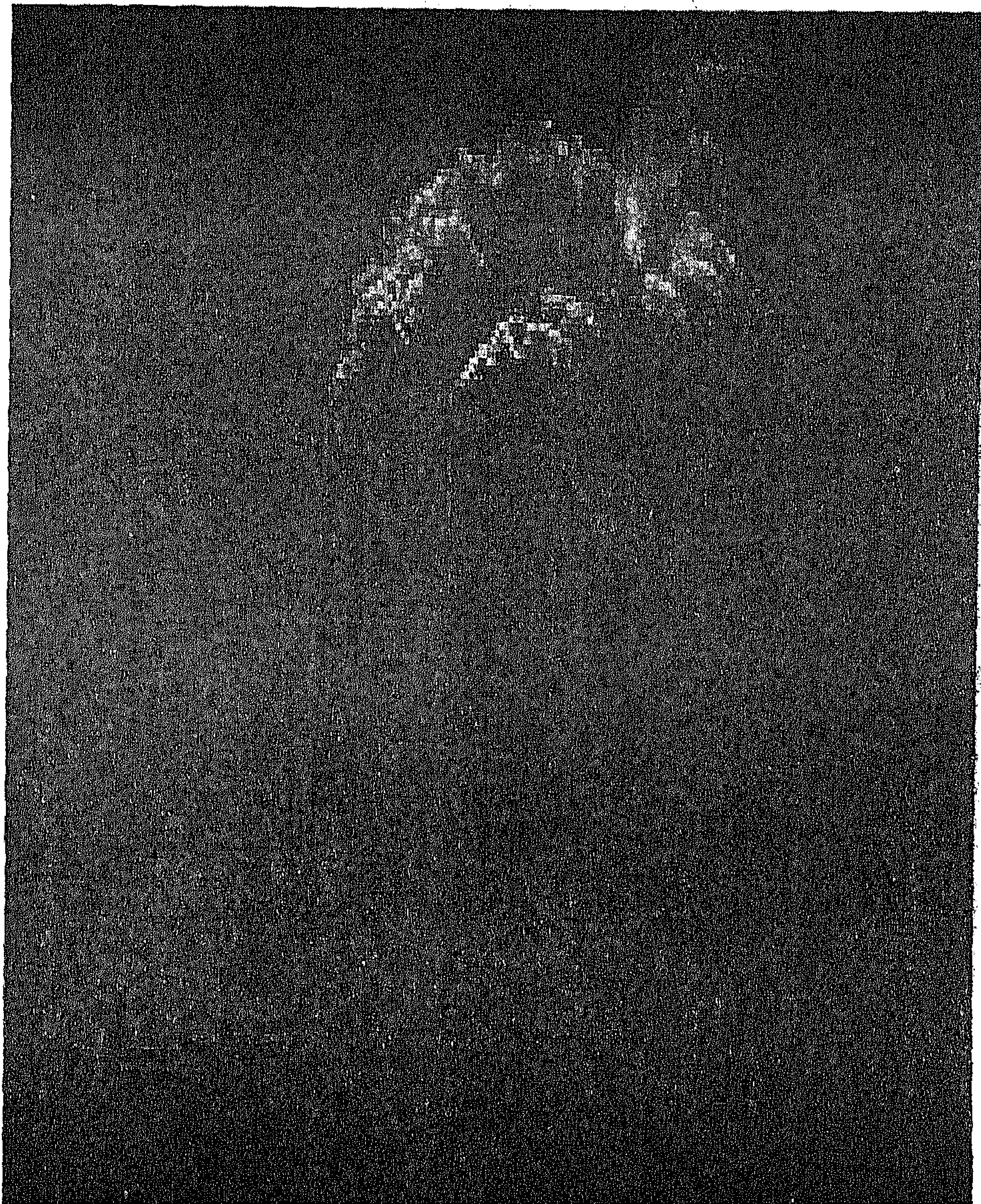


شكل ٦-٤: تلوث الهواء الناتج عن وسائل النقل البرى.

٢- إستخدام الوقود في مصانع الكيماويات العضوية والغير عضوية ومصانع الحديد والصلب ومصانع البترول ومصانع الورق والأسمدة وغيرها من الصناعات وذلك كما هو موضح فى الشكل (٧-٤).



شكل ٧-٤: تلوث الهواء الناشيء عن المصانع.



تابع شكل ٧-٤: تلوث الهواء الناشىء عن المصانع.

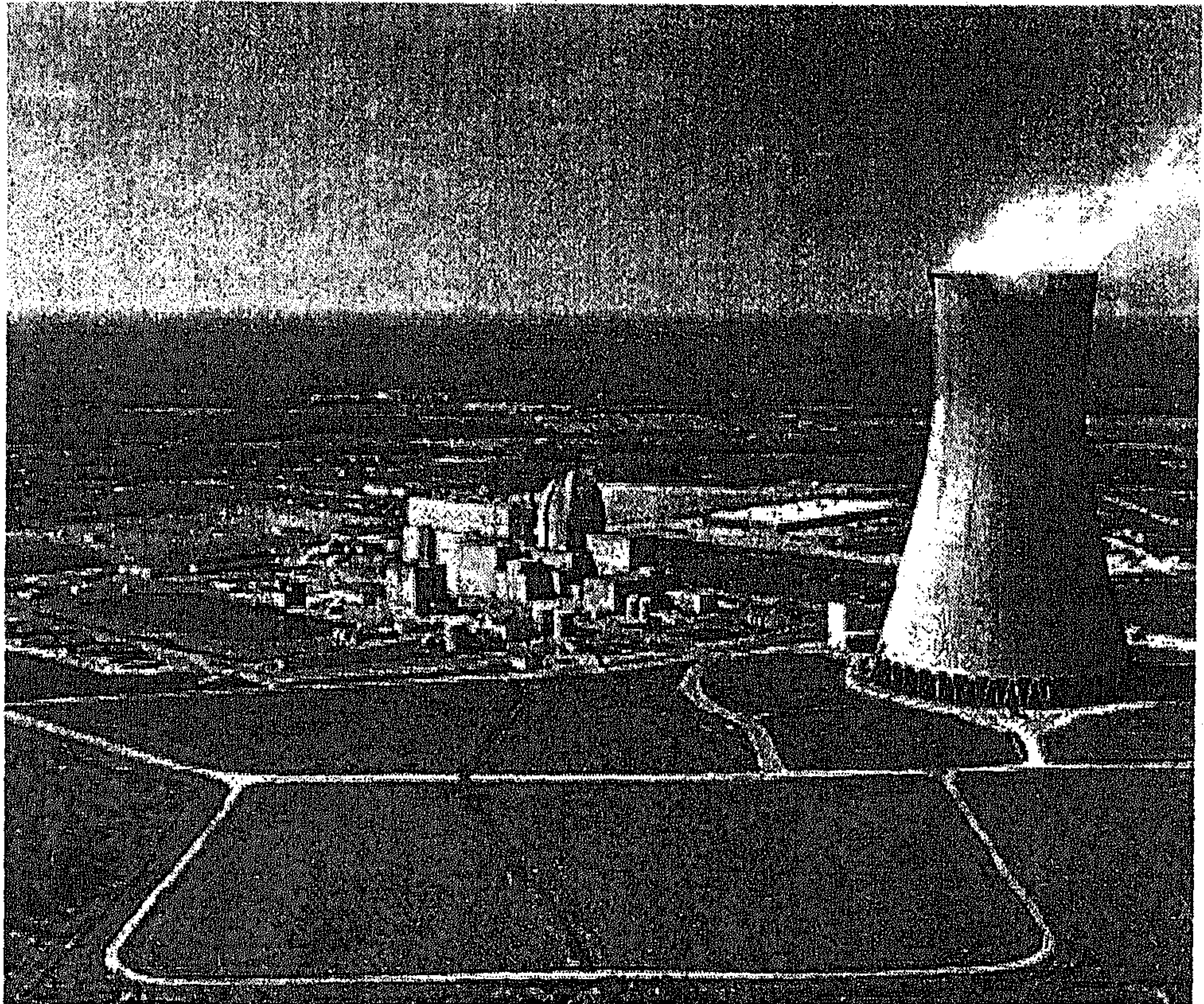
٣- حرق المخلفات والقمامة وهى أحد السلوكيات والممارسات الخاطئة والضارة التى يرتكبها الانسان. وكذلك حرق إطارات السيارات فى الشوارع أو كوقود لبعض عمليات التصنيع.

٤- التلوث الناتج عن تدخين التبغ وذلك كما هو موضح فى الشكل (٨-٤). وكذلك إستخدام ملطفات الجو والمعطرات والمبيدات المنزلية.



شكل ٨-٤: تلوث الهواء الناتج عن تدخين التبغ.

٥- التلوث الناتج عن محطات توليد الطاقة الكهربائية باستخدام المفاعلات النووية والموضحة فى الشكل (٩-٤).



شكل ٩-٤: صورة لمحطة توليد طاقة كهربائية باستخدام المفاعل النووى وموضح البرج الأسمنتي الذي تخرج منه الأبخرة الناتجة من عملية تبريد اليورانيوم.

٦- الأبخرة والدخان والغازات الناتجة من المصانع والتلوث البيئي الناجم عن إحتراق آبار البترول. أخذ التلوث البيئي بشكل خاص والمشكلات البيئية المعاصرة الأخري بشكل عام صفة العالمية حيث أن الملوثات بمختلف أنواعها لاتعترف بحدود سياسية أو إقليمية بل قد تنتقل من أقصي الشمال إلي أقصي الجنوب. وقد يظهر التلوث في دولة لا تمارس النشاط الصناعي أو التعديني وذلك

نتيجة لإنتقال الملوثات من دولة صناعية ذات تلوث عالى إلـي دولـة أخـري. وتسهم الرياح والسحب والتيارات المائية في نقل الملوثات من بلـد إلـي آخـر. فالأبخرة والدخان والغازات الناتجة من المصانع والتي تنفثها المداخن في غـرب أوروبا تنقلها الرياح إلى بلاد نائية وأماكن بعيدة كجزيـرة جرينلانـد والسـويد وشمال غرب روسيا. كما تنقل أمواج البحر بقع الزيت التي تتسرب إلي البحـر من غرب الناقلات من موقع إلى آخر مهددة تلك الشـواطئ الآمنـة والأحيـاء البحرية بمختلف أجناسها وأنواعها. فلم يشهد العالم من قبل تلوثا بيئيا بمثل حجم التلوث البيئي الناجم عن إحتراق آبار البترول في دولة الكويت. فلقد تـم تـدمير وإشعال النيران في 732 بئرا من بين 1080 بئرا كانت تتركز فـي المنطقـة الشمالية والغربية والجنوبية. وتقدر كمية النفط المحترق في هذه الآبار بحوالي 6 مليون برميل يوميا. وكان جزء منها يشتعل والجزء الآخر ينبعث من الآبار على شكل نفط خام أدى إلي ظهور بحيرات نفطية والتي يقدر عددها بحـوالي 200 بحيرة نفطية تغطي مساحات شاسعة. وقدرت كمية الدخان الأسود الناتج من النقط المحترق بحوالي 14- 40 ألف طن في اليوم. وكانت نسبة مركبـات الكبريـت التي تنبعث منها حوالي 5- 6 آلاف طن في اليوم ومن 500 - 6000 طن فـي اليوم لأكاسيد النيتروجين. ويتفق علماء البيئة علي أن آثار هذه الكارثة لا تقتصر فقط علي الكويت أو الخليج وحدهما وإنما تتعداهما إلي مناطق وبلدان تقع بعيـدا عنهما. حيث أفادت التقارير العلمية التي تابعت هذه الظاهرة أن سـحب الـدخان الأسود الكثيف الناتج عن حرائق النفط في الكويت باتت علي مقربة من السواحل اليونانية بعد عبورها البحر الأسود. وهي بذلك أصبحت تهدد بعـض دول تلـك المنطقة مثل رومانيا وبلغاريا. ومن هنا يمكن القول بأن التلوث الناتج عن إحتراق الآبار الكويتية ليست مشكلة إقليمية أو خاصة بدولة الكويت بل هي مشكلة عالمية يجب التصدي لها على المستوي الدولي بكل الإمكانيات المتاحة. وتفرض هـذه النظرة العلمية لمشكلة التلوث ضرورة تعاون المجتمع الدولي كله للتصدي لحـل هذه المشكلة ووضع حد لها.

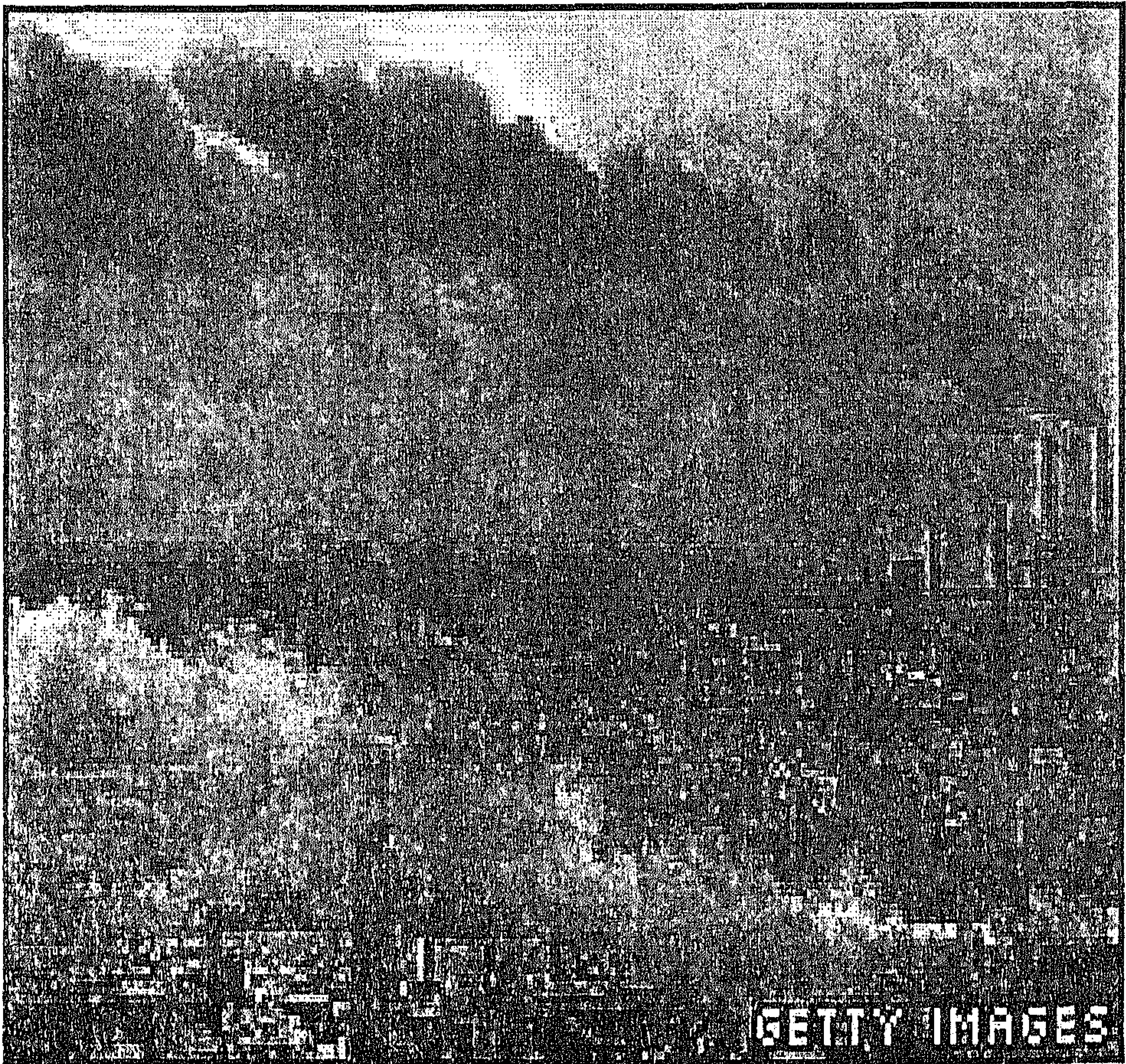
٧- النشاط الإشعاعي الناتج عن إستخدام الأسلحة الكيماوية فى الحروب مثل إستخدام غازات الأعصاب والغازات الكاوية (الخردل) وغازات الدم والغازات الخانقة مثل الفوسجين والغازات المقيئة مثل الأدمسيت والغازات المسيلة للدموع مثل الكلور أسيتومنيتون وغازات الهالوسة.

ولقد إزداد حجم التلوث الإشعاعي خلال الخمسين عاما الماضية. فبعد أن كانت مصادر الإشعاع مقصورة على الأشعه الكونية والمصادر الطبيعية الأخرى ، مثل الأشعه المنبعثة من الصخور والأشعه المنبعثة من العناصر الطبيعية ، مثل البوتاسيوم ، تدخلت يد الإنسان لتضيف كما من الإشعاعات التي لوثت الهواء والماء والغذاء.

وإذا كانت الإنفجارات النووية تعد من أخطر مصادر التلوث الإشعاعي ، فإن هناك مصادر أخرى أدت إلى زيادة حجم هذا التلوث ، وتشتمل هذه المصادر على المفاعلات النووية وما ينجم عنها من تلوث إشعاعي بسبب إستخدامها على نطاق واسع ، وبسبب إنفجارها في بعض الأحيان ، مثلما حدث من تلوث على إثر إنفجار مفاعل تشرنوبل النووي فى روسيا.

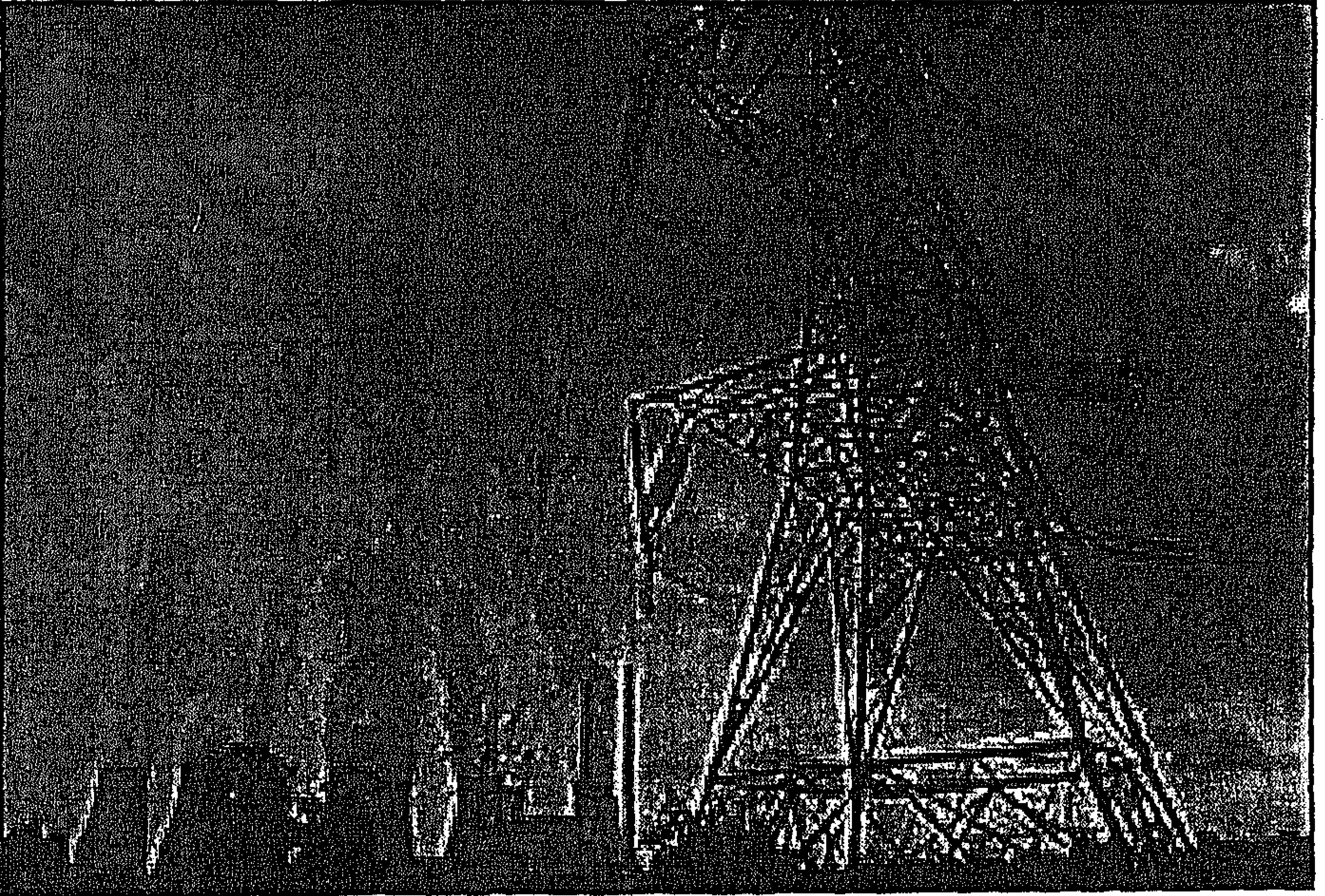
كما وتشمل مصادر التلوث على إستخدام الذرة كمصدر للطاقة واستخدام النظائر المشعة في التجارب العلمية في مجال العلوم الطبية والعلوم البيولوجية، وبعض الأجهزة الطبية المستخدمة فى تشخيص الأمراض وعلاجها إشعاعيا، بالإضافة إلى الإشعاعات الصادرة من أجهزة التليفزيون والكمبيوتر والأجهزة الإلكترونية الأخرى ، وأجهزة القوى الكهربائية لأعمال وأبحاث الفضاء والطائرات. وتنتقل المواد المشعة إلى جسم الإنسان عن طريق تلوث الغذاء والماء بالنظائر المشعة أو الغبار الذري المتساقط على النباتات والحيوانات والماء ، أو عن طريق إستنشاق المواد المشعة أو الغبار الذري الملوث للهواء.

يحدث التلوث الهوائي عندما تتواجد جزيئات أو جسيمات في الهواء وبكميات كبيرة عضوية أو غير عضوية وذلك كما هو موضح فى الشكل (١٠-٤) بحيث لا تستطيع الدخول إلى النظام البيئي وتشكيل ضررا على العناصر البيئية. وبمعنى آخر يصبح الهواء ملوثا إذا حدث أى تغيير فى تركيبه الطبيعى أو دخلت إليه عناصر غريبة من غازات أو جسيمات أو ميكروبات خلال فترة زمنية طويلة أو قصيرة بحيث تؤدى إلى حدوث ضرر بحياة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو الممتلكات الإقتصادية.



شكل ١٠-٤: التلوث الناتج عن وجود جزيئات أو جسيمات في الهواء.





تابع شكل ١٠-٤: التلوث الناتج عن وجود جزيئات أو جسيمات في الهواء.

والتلوث الهوائي يعتبر أكثر أشكال التلوث البيئي إنتشارا وذلك نظرا لسهولة إنتقال وانتشار هذا النوع من التلوث من منطقة إلي أخري وبفترة زمنية وجيزة نسبيا. ويؤثر هذا النوع من التلوث على الإنسان والحيوان والنبات تأثيرا مباشرا ويخلف آثارا بيئية وصحية واقتصادية واضحة متمثلة في التأثير على صحة الإنسان وإنخفاض كفاءته الإنتاجية. كما أن التأثير ينتقل إلي الحيوانات ويصيبها بالأمراض المختلفة ويقلل من قيمتها الإقتصادية ، أما تأثيرها على النباتات فهي واضحة وجلية متمثلة بالدرجة الأولي في إنخفاض الإنتاجية الزراعية للمناطق التي تعاني من زيادة تركيز الملوثات الهوائية بالإضافة إلي ذلك هناك تأثيرات غير مباشرة متمثلة في التأثير على النظام المناخي العالمي حيث أن زيادة تركيز بعض الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون يؤدي إلي إنحباس حراري يزيد من حرارة الكرة الأرضية وما يتبع ذلك من تغيرات طبيعية ومناخية قد تكون لها عواقب خطيرة على الكون.

ويمكن تقسيم ملوثات الهواء الى مايلى :-

الغازات أو الملوثات الغازية

وتشمل العديد من المركبات التى تختلط بمكونات الهواء وتختلف هذة الملوثات فى تركيزها ونوعيتها وتركيبها الكيميائى. ومن أمثلة هذة المركبات غازات أول وثانى أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وغاز كبريتيد الهيدروجين وغاز النشادر وغاز فلوريد الهيدروجين والأوزون وغيرها.

١- الجسيمات

ومن أشهر الجسيمات الملوثة للهواء جسيمات الغبار والدخان وجسيمات المبيدات والعناصر المعدنية والإسبستوزات. كما تعتبر حبوب اللقاح والأجسام الحية مثل البكتيريا وجراثيم الفطر من الجسيمات الملوثة للهواء.

٣-المواد المشعة

وهى عناصر ذات ذرات تعطى إشعاعات ألفا وبيتا وجاما.

٤- الملوثات الثانوية

مثل الضباب الدخانى Smog والمطر الحمضى.

وفيما يلى سوف نستعرض ببعض التوضيح معظم هذه الملوثات التى تلوث الهواء الجوى.

أولا: الملوثات الغازية

تقدر ملوثات الهواء الغازية بحوالى 90% من مجموع الملوثات التى تدخل إلى الهواء الجوى. وفيمايلى سوف نتناول بالتفصيل أهم ملوثات الهواء الغازية وهى :-

١- أول أكسيد الكربون Carbon monoxide

يوجد غاز أول أكسيد الكربون CO فى الهواء الجوى النظيف بنسبة 0.00001 حجما وهى نسبة صغيرة بمقارنتها بوجود الغازات الأخرى مثل النيتروجين والأوكسجين. ويمكن تلخيص مصادر التلوث بغاز أول أكسيد الكربون فيما يلى:

أ- الإحتراق غير الكامل للوقود وهو المصدر الرئيسى لغاز أول أكسيد الكربون المتسرب إلى الهواء الجوى ، وفيها يتأكسد الكربون جزئيا إلى أول أكسيد الكربون بدلا من الأكسدة الكاملة إلى ثانى أكسيد الكربون حسب المعادلة التالية :-



$$2C + O_2 \rightarrow 2\,CO$$

ب- الغازات المنطلقة من الصناعات النفطية.

جـ- حرائق الغابات والمزارع ومخلفات الفحم.

د- التخلص من النفايات الصلبة عن طريق الحرق.

٢- ثانى أكسيد الكربون Carbon dioxide

هو أحد الملوثات التى تلعب دورا هاما فى التغيرات المناخية التى تسود العالم اليوم. والمصدر الرئيسى لغاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو هو عمليات الإحتراق للوقود على جميع أشكاله. بالإضافة إلى ماينتج من تحلل المواد العضوية التى فى التربة ، وأيضا ما تطلقه البراكين أثناء ثورتها. ويعتبر أيضا تخمر المواد السكرية أحد مصادر ثانى أكسيد الكربون فى الجو.

كما أن الرعى الجائر وقطع أشجار الغابات بهدف إستغلال أخشابها أدى إلى رفع معدلات وزيادة تركيز هذا الغاز فى الجو. وبصفة عامة فإنه لا يوجد توازن بين كمية ثانى أكسيد الكربون الداخلة إلى الجو ، والتى تستهلك من الجو فى عمليات التركيب البنائى الضوئى للنباتات ، وما يدخل أيضا من هذا الغاز فى المسطحات المائية. ولذا ، فإن نسبة هذا الغاز فى حالة تزايد مستمر فى الجو.

ويحذر العلماء من أن وصول نسب الكربون في الجو إلى 400 جزء من المليون (ppm) يعني بالضرورة إرتفاعات حادة في درجات الحرارة بشكل غير مسبوق وغير إعتيادي، مما يتسبب عنه إرتفاعات مخيفة في نسب المياه تنتج عنها بالضرورة فيضانات وجفافا في أنحاء متفرقة من العالم. كما قد يتسبب ذلك أيضا فى إضعاف البنية الطبيعية للأرض وهذا سيتسبب في مشاكل عديدة للمحيطات والأمطار.

٣- أكاسيد الكبريت Sulphur Oxides

وهى إما ثانى أكسيد الكبريت SO_2 أو ثالث أكسيد الكبريت SO_3 . ولقد وجد أن حوالى 87% من غازات أكاسيد الكبريت المنبعثة إلى الجو يرجع إلى إحتراق الفحم حيث أنة يحتوى مابين 0.2% و 0.7% من وزنة كبريت. ويمثل غاز ثانى أكسيد الكبريت الجزء الأكبر من أكاسيد الكبريت الناتج فى الطبيعة. يأتى غاز ثانى أكسيد الكبريت من أكسدة غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S الذى يتكون من تحلل المواد العضوية ، أو كأحد نواتج البراكين النشطة ، مثل بركان أثينا بإيطاليا الذى ينفث قدرا كبيرا من غاز ثانى أكسيد الكبريت فى الجو.

أما غاز ثانى أكسيد الكبريت المتكون بفعل نشاط الإنسان ، فإنة يأتى من إحتراق الفحم بصفة أساسية بالإضافة إلى كميات أخرى ضئيلة تنتج من صناعة حامض الكبريتك وعمليات تكرير البترول وعمليات صناعية أخرى مثل صناعة الأسمدة والنحاس والرصاص.

٤- أكاسيد النيتروجين **Nitrogen Oxides**

عند إحتراق أنواع الوقود المحتوية على بعض المركبات العضوية المحتوية على النيتروجين ، تتأكسد هذة المركبات مكونة مجموعة من الأكاسيد هى NO_2 ، N_2O ، NO وهى أكاسيد حمضية تكون عند إتحادها مع الماء حامضا قويا هو حامض النيتريك HNO_3.

وتنبعث هذة الأكاسيد إلى الجو إما من مصادر طبيعية مثل تفاعلات الطبيعية التى تحدث فى الغلاف الجوى ومن التفريغ الكهربائى فى السحب أثناء الرعد. كما تنبعث هذة الأكاسيد من نشاطات بشرية مثل إحتراق الوقود لتوليد الكهرباء ، وحرائق الغابات والمزارع ، والتخلص من النفايات الصلبة والعمليات الصناعية المختلفة ووسائل المواصلات.

٥- غاز كبريتيد الهيدروجين **Hydrogen Sulfide**

ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S من المصادر الطبيعية كالبراكين وأيضا من تخمر الفضلات البشرية والحيوانية وتحلل المواد العضوية المكبرتة. كما ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين من الصناعات المختلفة كصناعة الخشب والورق والمطاط والنفط.

ويلاحظ أن الحد الأقصى المسموح بة عالميا لتلوث الهواء بغاز كبريتيد الهيدروجين هو 0.008 جزء فى المليون.

٦- غاز النشادر **Ammonia**

ينتج هذا الغاز من صناعة الأسمدة الكيماوية وحامض النيتريك والصودا الكاوية والنفط. وأيضا من إحتراق بعض أنواع النفط وصناعة التبريد والمنظفات،

كما ينتج غاز الأمونيا من معدنة المواد العضوية النيتروجينية بواسطة الكائنات الدقيقة وتحولات الأسمدة النيتروجينية فى التربة.

ومن المعروف أن الحد المسموح بة فى غاز الأمونيا فى الهواء هو 7 مجم / م^{3} فى جو العمل و 2.5 مجم / م^{3} فى الجو العام (حناوى 1978).

٧- غازات الهيدروكربون

وهى عبارة عن مركبات تتكون من الكربون والأيدروجين فقط مثل الإيثان C_2H_4 والميثان CH_4 والأستيلين C_2H_2 وتنتج من الإحتراق الكامل وغير الكامل للوقود فى وسائل النقل والأفران والصناعة. ويعتقد أن العادم المنبعث من السيارات يحتوى على العديد من هذة المركبات. كما أن حرق الغابات والتخلص من النفايات الصلبة بالحرق واستعمال الوقود فى توليد الكهرباء هى من أهم مصادر إنبعاث الهيدروكربون بسبب النشاط البشرى.

ثانيا : الجسيمات

إن تلوث الهواء بالجسيمات يرجع إلى تلوث الهواء بمواد منتشرة صلبة (ملوثات صلبة) أو سائلة (ملوثات سائلة) وهذة الجسيمات تختلف فى أحجامها. والملوثات الصلبة هى ما يحملة الهواء من دقائق صلبة لمواد مختلفة تشكل مع الهواء مايعرف بالغبار. ويصنف الغبار حسب سميتة لنوعين هما :-

أ- غبار لايحتوى على مواد سامة ، إلا أنة قد يترك آثار على الإنسان. ومن أمثلة هذا النوع مايلى :-

١- غبار يسبب تليف الأنسجة ومكوناتة الصلبة مثل ذرات الفحم الأسود ، والجرافيت ، والإسبستوس.

٢- غبار مكوناتة تسبب الحساسية القطن والقنب والحبر المحروق والصوف.

٣- غبار لا يسبب الآثار السابقة ومكوناتة مثل الرمل وغيرة.

ب- غبار يحتوى على مواد سامة ونشطة حيويا وتشمل المعادن الثقيلة وغيرها من المواد مثل الزرنيخ والرصاص والمنجنيز والزئبق والسيانيد والمواد المشعة.

ويقدر متوسط تركيز الغبار فى الهـواء غيـر الملـوث بحـوالى 20 ميكروجرام فى المتر المكعب من الهواء. والجسيمات سواء كانـت صـلبة أو سائلة هى مواد معقدة. كما أنها أكثر ملوثات فى الهـواء إنتشـارا. وتشـترك الجسيمات على إختلاف أنواعها فى مجموعة من الخواص الطبيعية فهى تنمو بالتكثيف وتمتص أو تمتز الأبخرة والغازات وتتجمد أو تنتشر كما أنها تمتص الضوء أو تشتته. وقد تتفاعل هذة الجسيمات مع بعضها كيميائيا فـى الهـواء ويتحدد تأثير الجسيمات حسب حجمها وكميتها وقدرة بقائها فى الجو.

وقد قام ترك Turk وآخرون عام 1972 بتقسيم الجسيمات حسب قطرها إلى ما يلى :-

١- الجسيمات الساقطة Fall particle

ويزيد قطرها عن 10 ميكرون وتترسب على مسافات قريبة من موقع تكوينها. وتأثير تلوث الهواء بهذة الجسيمات ضعيف على المجارى التنفسية ولكنه سيء على العيون والمنشأت الصناعية والأبنية

٢- الجسيمات العالقة Suspended Particles

ويتراوح قطرها من 0.1 إلى 10 ميكرون وتظل معلقة فـى الجـو فتـرة طويلة وتترسب ببطيء ويتوقف ذلك على الظروف المناخية من رياح وحـرارة وأمطار. ويتبع هذا النوع من الجسيمات جسيمات للمبيـدات وأبخـرة مصـانع الكيماويات السامة. وتشكل هذة الجسيمات الجزء الأكبر من الجسيمات الملوثـة للهواء. وعند تواجد هذة الجسيمات بتركيز أكبر من الحد المسموح بة فى الهواء (0.5 ملليجرام / م^3) تسبب أضرار كثيرة للجهاز التنفسـى ومسـببة أمـراض التحجر الرئوى والربو والإلتهاب الرئوى والإنتفاخ الرئوى. كما تترسـبب هـذة الجسيمات على سطوح الأوراق النباتية وتسد الثغور وتقلل التبادل الغازى والنتح.

٣- الجسيمات العالقة الدقيقة Very Fine Suspended Particles

وهى جسيمات دقيقة جدا ويقل قطرهـا 0.1 ميكـرون ويصـعب ترسـيبها وعددها فى الأجواء الملوثة يصل إلى 100 ألف جسيم / سم^3

ويمكن تقسيم مصادر تلوث الهواء بالجسيمات إلى مصادر طبيعية ونشاط الإنسان كما يلى :-

أ- المصادر الطبيعية مثل البراكين والزلازل والعواصف التى تحرك الرمال وذرات الأملاح بالقرب من شواطىء البحار وحبوب اللقاح والأجسام الحية المعلقة مثل الجراثيم والفطريات والبكتيريا وأيضا الغبار الكونى. وتعتبر هذة المصادر هى المصدر الرئيسى للجسيمات.

ب- نشاط الإنسان مثل عوادم السيارات وحركة البناء والعمران ومداخن التدفئة وأبخرة المصانع مثل الأسمنت والزجاج والمبيدات وحرق النفايات.

ومن أشهر الجسيمات الملوثة للهواء جسيمات الإسبستوس والأسمنت والدقائق المعدنية مثل الرصاص والفلور والزئبق وجسيمات المبيدات وحبوب اللقاح والكائنات الحية الدقيقة.

ويمكن مناقشة تلوث الهواء بهذة الجسيمات كما يلى :-

١- تلوث الهواء بجسيمات الرصاص

يضاف الرصاص للبنزين وقود السيارات لزيادة معدل الأوكتان ويتم ذلك بإضافة tetra-ethyl lead وهذا هو البنزين المحتوي على الرصاص. يخرج الرصاص من عوادم السيارات إلى الهواء محدثاً تلوثاً به وخاصة في المدن المزدحمة والتي تستخدم وقود أو البنزين به رصاص (المرصص).

يلوث الرصاص أجواء المناطق الصناعية كصناعة بطاريات السيارات ومركبات الطلاء وبعض المبيدات الحشرية وصناعة الثقاب وحامض الكبريتيك والمطاط والزجاج والأسلاك الكهربائية. كما ينتج الرصاص من عوادم وسائل المواصلات ، خاصة تلك التى تستخدم الوقود المحسن المحتوية على رابع إيثيل أو ميثل الرصاص الذى يضاف إلى الوقود من أجل تخفيف صوت إحتراقة. ويتحول الرصاص العضوى إلى مركبات رصاص غير عضوى يخرج مع العوادم ويكون مع الهواء معلقا وقتيا ويظل ثابتا فى الهواء مدة طويلة أو يرسب على شكل جزيئات حيث تتساقط على أوراق النباتات وتلوث التربة وتدخل إلى السلسلة

الغذائية. كما يتلوث بالرصاص الناتج من البراكين وعوامل التعرية المؤثرة فـــى التربة والصخور.

ولقد أوضحت بعض القياسات أن نسبة الرصاص فى هواء المنازل تصل من 6400 إلى 9000 جزء فى المليون (ppm) في الأتربة داخــل بعــض المنـــازل مقارنة بحوالى 3000 جزء في المليون (ppm) في الهواء الخارجي فى الشارع.

٢- تلوث الهواء بالمبيدات

قد يحدث تلوث للهواء الجوى بالمبيدات عند إنتاجها فى المصانع أو نتيجـــة إنفجار فى خزانات هذة المبيدات حيث تنطلق كمية من الغاز السام إلـــى الهـــواء الجوى الذى يستنشقة الإنسان والحيوان. كما قد يحدث تلوث الهواء بالمبيدات نتيجة رش المزروعات بهذة المبيدات.

ويعتبر الإستخدام المتكرر للمبيدات الحشرية المنزلية القاتلة للذباب والبعوض والحشرات الزاحفة وغيرها والتى تنتشر روائحها الكريهة فى المنـــزل ، تلويثـــا للهواء داخل المنزل ، مما يترك آثارا ضارة على الجهاز التنفسى والكبد للإنسان.

وتحتوى كثير من المبيدات الحشـــرية ومبيـــدات القـــوارض علـــى ســـيانيد الهيدروجين Hygrogen Cyanide. وتأخذ هذة المادة السامة طريقها إلى الجسم إما بالإستنشاق أو عن طريق الجلد. ويعمل أيون الســـيانيد علـــى تثبيـــت إنـــزيم السيتوكروم أوكسيديز Cytochrome Oxidase الهام لتنفس الخلايا. كما يثـــبط السيانيد كثير من الإنزيمات الهامة فى العمليات الحيوية ويوقف فعاليتها.

٣-تلوث الهواء بجسيمات الزئبق

يتلوث الهواء بجسيمات الزئبق الناتجة من المصانع التى تستخدم الزئبق فى صناعاتها مثل صناعة الترمومترات وأجهزة الضغط. واستنشاق الهواء الملـــوث بالزئبق لة تأثير خطير على الإنسان حيث يدمر الجهاز العصبى المركزى. ويعتبر الحد الأقصى المسموح بها للزئبق هو 0.003 ملليجرام / م^{٣} فى هواء الجو العام الخارجى على أن يكون زمن التعرض هو 24 ساعة فقط ، و 0.01 ملليجرام / م^{٣}

فى الهواء الداخلى للمصنع وعلى أن يكون زمن التعرض هو 8 ساعات فقط (أبو سعدة 2003).

٤- التلوث بجسيمات الفلور

ينتج الفلور من صناعة الألمونيوم والأسمدة الفوسفاتية حيث أن الأسمدة الفوسفاتية تصنع أساسا من صخر الفوسفات الذى يحتوى فى تركيبة على معدن الفلوروأباتيت. ولة تأثير سام على الإنسان حتى عند تواجدة فى الهواء بتركيزات منخفضة. كما يمتص بواسطة أوراق النبات ويتراكم فى النهايات الطرفية وحواف الأوراق مسببا حروق. كما يؤثر على الحيوانات التى تتغذى على هذة الأشجار مثل نحل العسل. ويعتبر الحد المسموح به فى الجو العام الخارجى هو 0.08 ملليجرام / م^3 هواء (التعرض 24 ساعة) وفى الجو الداخلى للمصنع (التعرض لمدة 8 ساعات) هو 2.5 ملليجرام / م^3 (أبو سعدة 2003).

٥- التلوث بجسيمات الأسمنت

يتلوث الهواء بجسيمات الأسمنت فى المناطق التى تتواجد بها مصانع الأسمنت بصفة عامة إذا كان لا يوجد مرشحات لحجز الغبار المتصاعد من المداخن. وإذا تعرض العمال اللذين يعملون فى هذة المصانع لإستنشاق الهواء الملوث لفترات طويلة ، أدى ذلك إلى إصابتهم بالتحجر الرئوى أو التليف الرئوى المعروف بمرض السليكوزس Silicosis. كما قد يصاب سكان المناطق المحيطة بهذة المصانع بنفس الأمراض إذا تعرضوا لإستنشاق الهواء الملوث لفترات طويلة. ويعتبر الحد الأقصى المسموح بة فى جو العمل هو 1800 ممليجرام / م^3 هواء و 60 ملليجرام / م^3 فى الجو العام الخارجى (أبوسعدة 2003).

٦- التلوث بحبوب اللقاح

يزداد تلوث الهواء بحبوب اللقاح فى فصل الربيع ، ويزداد آثارها بفعل الرياح الشديدة وتتسبب حبوب اللقاح فى إصابة الحيوان والإنسان بأمراض الحساسية التى تتزايد فى ذلك الفصل. ويصل عدد المصابين بهذة الحساسية فى الولايات المتحدة الأمريكية إلى 2% من عدد السكان ، ومما يزيد من تأثيرها أنها

تظل عالقة فى الهواء فترات طويلة ويمكن أن تنتقل بواسطة التيارات الهوائية إلى مسافات تصل إلى عدة مئات من الكيلومترات. ومن أعراض أمراض الحساسية بسبب حبوب اللقاح هو إفرازات الأنف والعطس يليها إنسداد الأنف والكحة. وغالبا ما تكون حبوب اللقاح من العائلات النباتية النجيلية والصليبية.

٧- التلوث بالكائنات الدقيقة

تصل هذه الكائنات إلى الهواء عالقة بحبيبات التربة التى تنقلها الرياح نتيجة إنجراف التربة إلى الهواء. وأحيانا تصل هذة الكائنات إلى الهواء فى رذاذ عطس وسعال الإنسان أو رذاذ الرى بالرش لمياه المجارى فى بعض المناطق الزراعية التى يندر فيها الماء وأغلب الكائنات التى تدخل إلى الهواء مع السعال هى ميكروبات مرضية.

وتختلف أعداد وأنواع الميكروبات فى الهواء باختلاف المنطقة وظروفها. فهواء المناطق المزدحمة بالسكان غير النظيفة مثل هواء بعض أحياء المدن الكبرى يحتوى أعداد كبيرة من الميكروبات عن هواء المناطق المفتوحة كالريف والشواطىء.

كما أن الجو الرطب يحتوى على ميكروبات أقل من الجو الجاف ، لأن قطرات الرطوبة تتساقط إلى سطح الارض بما تحملة من ميكروبات. لذا غالبا ماتكثر الأوبئة وتنتشر فى فصل الصيف وتنتشر الميكروبات حتى إرتفاع 7 كم فوق سطح الأرض ويزداد أعدادها بالقرب من سطح الأرض ويقل بالإرتفاع تدريجيا. كمايزداد أعداد الميكروبات فى المستشفيات خاصة فى هواء عنابر الجراحة العامة.

ومما سبق يمكن تلخيص الجوانب التي تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر علي تلوث الهواء فيما يلى :-

١- التوسع الصناعي ، وعوادم المصانع الغازية التي تطلق في الجو.

٢- إنتاج الطاقة من محطات توليد الكهرباء حيث يتم إحتراق الوقود (فحم - بترول - غاز طبيعي) وبالتالي إنبعاث ملوثات الهواء.

٣- الإزدياد الهائل في عدد المركبات وما يتبع ذلك من عوادم هذه المركبـــات. ولقد دلت التجارب أن السيارة الصغيرة تطلق من عادمها خـــلال كـــل ســـاعة تشغيل حوالي 60 م٣ من الغازات. أما سيارة النقل الكبيرة فينبعث من عادمهـــا حوالي 120 م٣ كل ساعة.

٤- الإعتداء المستمر علي المساحات الخضراء وذلك علي المستوي العـــالمي (يؤثر على إمتصاص ثاني أكسيد الكربون ، وإستقرار الجسيمات الدقيقة العالقة بالهواء علي النباتات).

٥- الإستخدام الخاطئ للمخلفات ، فمثلا يستعمل البعض إطـــارات الـــسيارات التالفة كوقود للحصول علي الحرارة ، فتحترق في الهواء وينبعث منها ملوثات خطيرة ، كذلك حرق القمامة في الخلاء خارج المدن.

٧- الإفراط في إستخدام المبيدات الحشرية.

٨- كثرة المواد المتناثرة علي هيئة جسيمات دقيقة فـــي صـــناعات الأســـمنت والمطاحن وأماكن تكسير وطحن الخامات.

الباب الخامس
المخاطر البيولوجية للتلوث البيئى

مقدمة

لقد أخذ التلوث البيئي بشكل خاص والمشكلات البيئية المعاصرة الأخري بشكل عام صفة العالمية حيث أن الملوثات بمختلف أنواعها لاتعترف بحدود سياسية أو إقليمية بل قد تنتقل من أقصي الشمال إلي أقصي الجنوب. وقد يظهر التلوث في دولة لا تمارس النشاط الصناعي أو التعديني وذلك نتيجة لإنتقال الملوثات من دولة صناعية ذات تلوث عالى إلي دولة أخري. وتسهم الرياح والسحب والتيارات المائية في نقل الملوثات من بلد إلي آخر. فالأبخرة والدخان والغازات الناتجة من المصانع والتي تنفثها المداخن في غرب أوروبا تنقلها الرياح إلى بلاد نائية وأماكن بعيدة.

والملوث هو مادة أو أثر يؤدي إلى تغير في معدل نمو الأنواع في البيئة يتعارض مع سلسلة الطعام بإدخال سموم فيها أو يتعارض مع الصحة أو الراحة أو مع قيم المجتمع. وتدخل الملوثات إلى البيئة بكميات ملحوظة على شكل فضلات ومهملات أو نواتج جانبية للصناعات أو أنشطة معينة للإنسان. وينطوي التلوث في العادة على تبديد الطاقة (الحرارية والصوتية أو الإهتزازات). ويمكن تلخيص هذه المخاطر والأضرار الناتجة عن التلوث على النحو التالي :-

أولا: مخاطر بيولوجية ويندرج تحتها :-

أ- أضرار تلحق بصحة الكائن الحى خاصة الإنسان من خلال تلوث الهواء والتربة والغذاء بمواد كيميائية وأخرى مشعة.

ب- أضرار تلحق بالمحاصيل الزراعية والنباتات والمياه والتربة والحيوانات.

جـ - أضرار تلحق بالنواحي الجمالية للبيئة مثل الدخان والغبار والضوضاء والفضلات والقمامة.

ثانيا: مخاطر وراثية وهى الأضرار التي لا يظهر أثرها إلا في المدى البعيد ولكنها ذات أثر تراكمي وخطير.

وسوف نتناول فى هذا الباب المخاطر البيولوجية لمسببات التلوث المختلفة.

أولا: مخاطر التلوث بالمبيدات

لقد أوضحت الدراسات والملاحظات أن المبيدات يمكنها الإنتقال لمسافات شاسعة خلال البيئة. فقد تحملها الرياح ، عند رشها على المحاصيل أو في الحدائق ، إلى مناطق أخرى. وقد تنساب المبيدات مع مياه الأمطار إلى جداول المياه القريبة أو تتسرب خلال التربة إلى المياه الجوفية. ويمكن لبعض المبيدات أن تبقى في البيئة لسنوات طويلة ، وأن تنتقل من كائن عضوي لآخر. فالمبيدات الموجودة في مجرى مائي ، على سبيل المثال ، قد تمتصها الأسماك الصغيرة والكائنات العضوية الأخرى. وتتراكم كميات أكبر من هذه المبيدات في أنسجة الأسماك الكبيرة التي تأكل الكائنات العضوية الملوثة.

لقد أوضحت المشاهدات والدراسات فى جميع دول العالم ما تسببه المبيدات من تأثير سمى للإنسان والذى يبدأ من الغثيان والقيئ إلى حالات أشد من التسمم قد تصل إلى الوفاة. وبجانب ما تسببه المبيدات من تأثير سمى للإنسان فإنها أيضا تسبب تأثير سمى للحيوان.

وبجانب ما تسببه المبيدات من تأثير سمى للإنسان فقد تسبب له أيضا أمراضا سرطانية. لقد أفادت بعض التقارير حول تفشي الأمراض السرطانية بولاية البنجاب الهندية بسبب المبيدات المستخدمة في الزراعة هناك. كما أبرز التقرير الأثر الكبير والواضح لهذه المبيدات علي الـ DNA وهي الجزيئات التي تتحكم في العوامل الوراثية في خلايا جميع الكائنات. هذه الأبحاث (التي قامت بها

د. سابت كور بجامعة البنجاب بالهند) أكدت أن جزيئات مبيدات مستخدمة في الزراعة تتداخل مع الـ DNA مما يؤدي إلي أخطاء في وظيفتها ويجعل الخلية سرطانية. يؤكد هذا البحث أن هذه المبيدات وليست عوامل أخري مثل التدخين هي السبب المباشر في التشويه الملحوظ للـ DNA.

إن الأغذية المتداولة بين الناس تتلوث بالمبيدات عن طريق رش المحاصيل الزراعية ومعاملة البذور والتقاوي وحفظ المنتجات الزراعية وعن طريق مياه الري الملوثة. وتصل نسبة الأغذية المحتوية علي مستويات أعلي من المسموح به في الدول النامية إلي 25% بالمقارنة إلي 1.5% في الدول المتقدمة " صناعيا ". بينما تصل النسبة الخالية من متبقيات المبيدات إلي 80% في الدول الصناعية و 30% فقط في الدول النامية.

إن الحكم علي أن مبيد غير مسرطن وأن دواء غير مضر للإنسان أو العكس يخضع لبروتوكولات قياسية متفق عليها دوليا وتشمل دراسات طويلة المدي لتقويم المخاطر منها إختبارات علي حيوانات المعامل ودراسات وبائية علي الإنسان. وبناء علي هذه الدراسات صنفت المبيدات حتى عام 1996 في أربع مجموعات علي أساس قيمة الجرعة النصفية القاتلة LD50 أي الجرعة التي تقتل نصف الحيوانات المعملية.

مجموعة أ

فائقة الخطورة أي مسرطنة للإنسان لوجود أدلة كافية من الدراسات الوبائية.

مجموعة ب

متوسطة الخطورة أى محتمل سرطنتها للإنسان لوجود أدلة كافية من تجارب الحيوانات المعملية ولكن هناك أدلة محدودة من الدراسات الوبائية. وتنقسم هذه المجموعات إلى (B-1) و (B-2) حسب نتائج ونوعية الدراسات الوبائية.

مجموعة ج

قليلة الخطورة ومحتمل سرطنتها للإنسان لوجود أدلة محدودة على سرطنتها في الحيوانات وليس هناك معلومات على الإنسان.

مجموعة د

ليس هناك خطورة معروفة وغير مصنفة كمسرطنة لأن الأدلة غير وافية أو لغياب بيانات. وهناك أدلة على أنها غير مسرطنة على الأقل في دراستين مقبولتين على صنفين من الحيوانات أو دراسات وبائية مقبولة وعلى الحيوانات أيضا.

عدلت هذه التقسيمات بعض الشيء عام 2005 حسب درجة سرطنتها للإنسان وأصبحت مسرطنة ومحتمل سرطنتها.

هناك مركبات معينة تسبب السرطان كما وأن هناك بحوث حول كيفية حدوث ذلك. بعض هذه المركبات يستخدم كمبيدات والبعض الآخر يضاف للأغذية كالنترات التي تضاف للحوم المحفوظة لأنها تتفاعل مع مركبات أخري في الغذاء فتتحول إلي النيتروسامينات المسببة للسرطان. وأيضا كبعض الأصباغ التى تضاف للأغذية لإعطائها ألوانا زاهية مثل الصبغة الحمراء رقم 2 والتي منع إستخدامها في الولايات المتحدة عام 2009.

يوجد حوالى 500 نوع من المبيدات الحشرية المستخدمة فى الإنتاج الزراعى، وكان أكثرها إستخداما على الإطلاق هو الـ د. د. ت (DDT). وبالرغم من أن معظم بلاد العالم تحرم الآن إستخدام الـ د. د. ت إلا أنه ما زال ملوثا للبيئة لأنة مازال ينتج أو أن بقاياه مازالت موجودة. وترجع خطورة هذه الكيماويات إلى أنها تختزن فى جسم الحيوان والإنسان فى الأنسجة الدهنية.

إن إستخدام المبيدات الحشرية والأسمدة الكيميائية في الزراعة يتسبب في تلوث الماء وذلك عند سقوط الأمطار حيث تجرف تلك المواد إلي الأنهار أو البحيرات وأيضا الري قد ينقل تلك المواد إلي المياه الجوفية.

كما قد يحدث تلوث للهواء الجوى بالمبيدات عند إنتاجها فى المصانع أو نتيجة إنفجار فى خزانات هذة المبيدات حيث تنطلق كمية من الغاز السام إلى الهواء الجوى الذى يستنشقة الإنسان والحيوان وذلك مثل ماحدث فى الهند سنة 1984 عندما حدث إنفجار فى خزانات مصنع يونيون كاربيد Union Carbide

للمبيدات الحشرية ونتج عن ذلك وفاة 2500 شخصا كما أصيب السكان بتشوهات جلدية تشبة الحروق أصابت عيونهم وحناجرهم وماتت آلاف الحيوانات فى هذة المدينة.

وفى باكستان سجلت منظمة الصحة العالمية وفاة 24 شخصا فى إقليم البنجاب عام 1984 بسبب المبيد الحشرى المسمى ألدرين Aldrene.

ثانيا: مخاطر التلوث بالصرف الصحى

تعتبر مياه المجاري واحدة من أخطر المشاكل علي الصحة العامة في معظم دول العالم الثالث، إن أغلب هذه الدول ليس لديها شبكة صرف صحي متكاملة ، بل في بعض المدن الكبيرة لا توجد شبكة صرف صحي. والمشكلة الكبري عندما تلقي المدن الساحلية مياه الصرف الضحي في البحار دون معالجة مسببة بذلك مشكلة صحية خطيرة. كما أن إستخدام البيارات أو Septic tank في الأماكن التي لا يتوفر فيها شبكة صرف صحي له أضراره علي الصحة العامة خاصة إذا تركت مكشوفة أو ألقيت مخلفاتها في الأماكن القريبة من المساكن حيث يتوالد البعوض والذباب مما يسبب الكثير من الأمراض. بالإضافة إلي إستخدام المبيدات المنزلية التي لها أضرارها علي صحة الإنسان وطبقة الأوزون.

تحتوي مياه المجاري علي كمية كبيرة من المركبات العضوية وأعداد رهيبة من الكائنات الحية الدقيقة الهوائية واللاهوائية. تؤثر هذه الكائنات في المركبات العضوية والغير عضوية مسببة نقصا في الأوكسجين إذا ألقيت في البحر وبذلك تختنق الكائنات التي تعيش في البحر وقد تموت. وعند موت الكائنات البحرية تبدأ البكتيريا أو الكائنات الدقيقة التي تعمل لاهوئيا بتحليلها محدثة تعفنا وفسادا آخر. ويتوقف الزمن الذي تفسد فيه مياه المسطح المائي ولا تعد صالحة للإستعمال علي عدة عوامل منها :-

١- سرعة تيار الماء في المجري المائي.

٢- كمية الأوكسجين الذائب في الماء.

٣- السرعة التي تستطيع بها بعض أنواع البكتيريا تحليل هذه الشوائب والفضلات.

٤- مدي حجم الشوائب والفضلات التي تلقي في هذا المسطح المائي البحري ونوعيتها.

تتكون مياه الصرف الصحي من المياه المستخدمة في المنازل سواء في الحمامات أو المطابخ وكذلك المياه المستخدمة في بعض الورش والمصانع الصغيرة ومحطات الوقود التي تقع داخل المدينة. وتحتوي مياه الصرف الصحي علي نسبة عالية من الماء حوالى 99.9% والباقي مواد صلبة علي هيئة مواد غروية وعالقة وذائبة. وهذه المركبات هي :-

١- الكربوهيدرات وتشمل السكريات الأحادية والثنائية والنشا والسليلوز.
٢- أحماض عضوية مثل حامض الفورميك وحامض البروبونيك وغيرها.
٣- أملاح أحماض عضوية مثل أكسالات الكالسيوم.
٤- الدهون والشحوم.
٥- المركبات العضوية النيتروجينية وتشمل البروتينات.
٦- الأصباغ.
٧- الأملاح المعدنية.
٨- مواد أخري وتشمل الجلوكوزيدات وغيرها.
٩- كائنات ميكروبية دقيقة

وعلى ذلك فأضرار تلوث الماء علي صحة الإنسان تكون نتيجة : -

١- تلوث الماء ميكروبيا.

٢- تلوث الماء كيميائيا.

بالنسبة لتلوث الماء ميكروبيا فلقد ثبت بما لا يدعوا للشك أن مياه الصرف الصحي إذا لم تعالج جيدا تسبب أمراضا خطيرة للإنسان وخاصة إذا تسربت لمياه الشرب. فقد حدث إنتشار وباء الكوليرا في القرن السابع عشر في لندن نتيجة تلوث

مياه نهر التايمز بمياه الصرف الصحي. وقد حدث أيضا في دلهي- بالهند- وكاليفورنيا إنتشار وباء السالمونيلا والإلتهاب الكبدي نتيجة تلوث المياه عام 1955-1956. إن مياه الصرف الصحي بها أعدادا كثيرة من الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات وبذلك تنقل العديد من الأمراض مثل الكوليرا والتيفود وشلل الأطفال. وقد أثبت تحليل مياه الصرف الصحي لبعض المدن علي إحتواءه بكتيريا *Anthrobacter sp, Pseudomonas, bacillus sp, E.coli* . كما أن تلوث الماء ببكتيريا القولون *Coliform bacteria* يعد مؤشرا خطيرا حيث يجب أن يخلو ماء الشرب من أي خلية لبكتيريا القولون في 100 مل. ويوجد كذلك الأوليات Protozoa مثل :-

Amoeba sp. و *paramecium sp.* و *Entamoeba histolitica* .

وتلعب الكائنات الحية الدقيقة دورا في تحولات الميثان والكبريت والفوسفور والنترات. فبكتيريا الميثان *Methanobacterium sp* تنتج غاز الميثان في الظروف الهوئية واللاهوائية. وبكتيريا التعفن *Putrefying bacteria* تنتج الأمونيا التي تتأكسد إلي نترات والتي تكون ما يعرف بإخضرار الماء Eutrophication وتظهر علي شكل طبقة خضراء من الأعشاب علي سطح خزانات المياه والبحيرات وشواطئ البحار وأكثر ما تكون في المياه الراكدة وتسبب في إعاقة تسرب الأوكسجين إلي الماء, وتسبب زيادة الأعشاب الخضراء إلي مرض زرقة العيون لدي الأطفال. وتستطيع كائنات حية دقيقة أخري مثل *Beggiatoa sp.* أكسدة كبريتيد الهيدروجين إلي الكبريت.

أما بالنسبة لتلوث الماء كيميائيا فلقد أصبحت المواد الكيميائية التي تعتبر من خاصية المدنية الحديثة مصدراً خطيراً لتلوث البيئة. إن ما يزيد على مليوني مادة كيميائية عرفت حتى اليوم وفي كل عام ما يزيد على ألف مادة كيميائية تكتشف بواسطة المصانع الكيميائية. مئات من هذه المواد الكيميائية تستخدم تجارياً ولا يعرف معلومات كافية عن تأثير معظم هذه المواد الكيميائية على الصحة.

ويوجد قائمة بالأمراض التي يشك أو يعتقد في أنها نتيجة لوجود المواد الكيميائية في البيئة. فالتسمم بالرصاص له علاقة بالرصاص الموجود في الدهانات أو المضاف إلى البنزين وأمراض القلب لها علاقة وأول أكسيد الكربون، وتلف الأعصاب الدائم لها علاقة بالزئبق ، والكثير من الكيماويات التي من المحتمل لها علاقة بالسرطان. وهناك علاقة مثلاً بين نوع من سرطان الرئة mesothelioma وغبار الأسبستوس Asbestos. وكذلك وجد أن نوع من سرطان الكبد له علاقة بالعمال الذين يعملون في تحويل Vinyl chloride إلى Polyvinyl chloride (مادة بلاستيكية لصناعة الملابس ، وأغلفة الأطعمة، الألعاب ، الدهانات ، auto seat-covers ، وغيرها).

من تلك المليوني مادة كيميائية حوالي 6000 فحصت للسرطان وحوالي 1000 مادة كيميائية ثبت أنها تسبب أمراضاً في الحيوانات وفقط 200 مادة كيميائية التي ثبت أنها تسبب سرطان للإنسان. مما سبق يتضح أن العالم الصناعي أدخل مواد كيميائية كثيرة ووجدت طريقها إلى البيئة لتحدث التلوث الذي يضر بالإنسان. وبالتالى إن تلوث مياه الصرف الصحى بالمواد الكيميائية يمكن أن يكون خطرا علي البيئة وعلي صحة الإنسان. ويمكن تلخيص أهم المركبات التي تلوث الماء :-

١- مركبات حمضية أو قلوية

من المعروف تجريبيا أن كل من المركبات الحامضية أو القلوية تغير درجة الحموضة (pH) للماء. وإذا تلوث الماء بالأحماض فإن ذلك يسبب الصدأ للأنابيب وتآكلها بالإضافة لما تسببه من آثار علي صحة الإنسان حسب نوع الحامض الملوث (راجع الأمطار الحمضية). أما التلوث بالقلويات فهي تكون الأملاح مثل كربونات وبيكربونات وهيدروكسيدات والكلوريدات. وتسبب كربونات وبيكربونات الكاليسيوم والمغنيسيوم عسر الماء كما أن مركبات الكلوريدات والسلفات تسبب ملوحة الماء.

٢- مركبات النترات والفوسفات

تسبب هذه المركبات ظاهرة إخضرار الماء أو ما يعرف بالإزدهار Eutriphication وتظهر علي شكل طبقة خضراء من الأعشاب علي سطح مياه الصرف الصحى. وقد تغطي سطح الماء مما يمنع الأوكسجين من الدخول للماء مما يؤثر علي الحياة المائية إذا وصلت مياه الصرف الصحى إلى الأنهار أو البحار. وتتكون الأعشاب الخضراء من الطحالب Algae وهي من عناصر الكربون والنيتروجين والفسفور. ومن الجدير بالذكر أن النترات تتحد مع الهيموجلوبين الموجود فى دم الإنسان وتمنع إتحاد الأوكسجين معه مما يسبب الإختناق.

٣- المعادن الثقيلة

أكثر المعادن الثقيلة إنتشارا في مياه المجاري هى الرصاص والزئبق. وقد يتسرب الرصاص من أنابيب المياه ويلوثها وقد يسبب تلف الدماغ Encephalopathy وخاصة للأطفال. والزئبق يوجد في الماء علي هيئة كبريتيد الزئبق وهو غير قابل للذوبان ويتواجد علي شكل عضوي مثل فينول ومثيل وأخطرها هو مثيل الزئبق الذي يسبب شلل الجهاز العصبي والعمى. أما في الأسماك فإن مثيل الزئبق يتواجد داخلها بتركيزات عالية فقد وجد في الولايات المتحدة في الأسماك عام 1970 وكذلك وجد في علب التونة.

٤- الحديد والمغنيسيوم

يسبب الحديد والمغنيسيوم تغير لون الماء إلي أشبه بلون الصدأ rust-colored ولا يسبب ضررا إلا إذا كان بكمية كبيرة وأكثر وجودهما يكون في المياه الجوفية.

ثالثا: مخاطر التلوث بالنفط

أن تأثير تدفق النفط في مياه الأنهار والبحار يكمن في النقاط التالية :-

١ – بسبب خفة وزن الزيت فإنهُ يطفوا عادةً على سطح الماء. ولهـذا فإنهـا تنتج عملية تصاعد وتسامي الكثير من الأبخرة المختلفة من تلك البقـع النفطيـة. وبالتالي فإن تيارات الهواء تحول أو تنقل بهذهِ الأبخرة بعيداً عن الموقع الذي تلوث بالنفط إلى الأماكن السكنية والزراعية أيضاً. وحتى على سواحل وشواطئ المناطق الساحلية ، فيكون الهواء مشبعاً بتلك الأبخرة الضارة. وتكون عادةً تلك الـضغوط الهوائية تتشبع فوق المستوى المقبول مما يؤثر على النظم البيئية والبحرية والمائية وحتى البرية منها.

٢ – تحتوي مادة النفط على العديد من المواد العضوية والذي يعتبر الكثير منها ساماً للكائنات الحية. ومن أخطر تلك المركبات مركب الفينولات والـ بي فى سي PVC (بولي فينول كلورايد) وكذلك مادة البنزوبيرين Benzopyrene.

٣ – إن كثافة النفط أقل من كثافة الماء ، فهو يطفوا على سطح المـاء مكونـاً طبقة رقيقة عازلة بين الماء والهواء الجوي. وهذهِ الطبقة تنتشر فوق مساحة كبيرة من سطح الماء وتمنع التبادل الغازي بين الهواء والماء فتمنع ذوبان الأوكسجين في مياه الأنهار والبحار مما يؤثر على التوازن الغازي. إن اللتر الواحد مـن الـنفط المتسرّب يُغطي بانتشارهِ مساحة تزيد على 2400 متر من المياه السطحية.

٤– إن إنتشار النفط على سطح الماء يؤدي إلى منع وصول الضوء إلى الأحياء المائية فتعيق بذلك عمليات التمثيل الضوئي ، والتي تعتبر هي المصدر الرئيـسي للأوكسجين والتنقية الذاتية للماء مما يؤدي إلى موت الكثير من الكائنـات الحيـة البحرية وإختلاف وخلل في السلسلة الغذائية لتلك الكائنات.

٥ – بسبب إختلاط جزء من النفط بالماء مكوناً مستحلب يختلط بالمـاء الأكثـر عمقاً ويركز الملوثات الأخرى الأكثر عمقاً كالمبيدات وبقايا المنظفات الـصناعية والعناصر الثقيلة والمركبات الهيدروكربونية والذي يؤدى إلى هلاك الحياة البحرية إما جوعاً أو تسمماً.

٦- الروائح الكريهة التي تبقى في الماء بسبب إختلاط النفط فيه ، حتى وصلت الحالة إلى مياه الشرب في الأنهار ظهور رائحة كريهة لماء الشرب وعادةً يكون الماء النقي عديم الرائحة والطعم.

٧- إن التسرب الدائم للنفط في المياه يتسبب في تلويث الشواطئ الساحلية نتيجة إنتقاله لمسافات بعيدة بفعل التيارات البحرية والمائية وحركة المد والجزر. كما تتجمع بعض أجزاء النفط وتكون على شكل كرات صغيرة سوداء تعيق حركة الزوارق وعمليات الصيد بالشباك وتُفسد من جمال الشواطئ الرملية وتتلف الأصداف البحرية والشعاب المرجانية ، وبالتالي تؤثر أيضاً على الحياة السياحية في تلك المناطق.

٨- إن المركبات النفطية عند إتحادها في المياه تصبح أكثر ثباتاً وتنتقل قليلاً قليلاً عن طريق السلسلة الغذائية للحيوانات المائية البحرية ، وتختزن في أكباد ودهون الحيوانات ، وهذهِ لها آثار بعيدة المدى والتي لا تظهر على البشر إلاّ بعد عدة سنوات مُسببه بذلك عدة أمراض خطيرة ومميتة.

رابعا: مخاطر ملوثات الهواء

تكمن الخطورة العظمى فى تلوث الهواء الجوى. فالإنسان يستطيع أن يتحكم فى نوع الغذاء والمياه التى يتناولها ، ولكنة لايستطيع أن يجد بديلا للهواء الذى يتنفسة إستمرارا لحياتة. ولقد أصبح الهواء الذى يتنفسه الإنسان ملوثا بالدخان والغازات والأتربة والنفايات. وتؤكد دراسة جديدة وجود علاقة بين هواء المدن الملوث وزيادة الإصابة بالسكتة الدماغية. فقد أعلن باحثون تايوانيون أن تلوث هواء المدن يمكن أن يزيد بدرجة كبيرة إحتمالات إصابة الإنسان بسكتة دماغية. وكشف العلماء في تايوان وجود علاقة واضحة بين تزايد مستويات إثنين من الملوثات الشائعة وبين الإصابة بسكتة دماغية وخاصة في الأيام الحارة. قام العلماء بجمع بيانات عن 23179 مصابا بالسكتة الدماغية بين عامي 1997 و 2000 في كاوهيسيونج أكبر المدن في تايوان وأحد المراكز الصناعية بها أيضا. وكشف

العلماء أنه مع زيادة التعرض للجزيئات الملوثة بالسخام المعروفة باسم "بي إم 10" وثاني أكسيد النيتروجين تزيد حالات الإصابة بسكتة دماغية. من هنا يمكن حساب تأثير التلوث على إحتمال الإصابة بالسكتة الدماغية. فكل تغير في الـ بـي إم 10 بمقدار 66.33 ميكروجرام في كل متر مكعب تصاحبه زيادة بنسبة 54 في المئة لإحتمال الإصابة بسكتة دماغية ناتجة عن إنفجار شريان دموي في المخ. وحدثت زيادة مماثلة في إحتمال الإصابة مع زيادة ثاني أكسيد النيتروجين بنسبة 7.08 من المليار. ويكون التأثير ملحوظا بأقصى درجة في الأيام الحارة عندما تتجاوز الحرارة $20\ C^{o}$ درجة مئوية . هذه الدراسة تقدم دليلا جديدا على أنه كلما إرتفعت مستويات التلوث في الجو زادت إحتمالات الإصابة بالسكتة الدماغية خاصة في الأيام الحارة.

يختلف تلوث الهواء من مكان لآخر حسب سرعة الرياح والظروف الجوية فمثلاً تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربونات في وجود ضوء الشمس تحت ظروف جوية خاصة غالباً ما تكون في فصل الصيف لتنتج مواد كيميائية سامة مثل رباعي الأستيل بيروكسين وغاز الأوزون. وتؤدي هذه مع بعض المكونات الأخرى إلى ما يعرف بالضباب الدخاني (غالباً ما يكون لونه مائل للبني). ويحدث الضباب الدخاني في المدن المزدحمة بالسيارات مثل لوس أنجلوس ونيويورك ولندن ونيومكسيكو وغيرها. ومن أشهر هذه الحالات التى حدث فيها الضباب الدخانى هى تلك التي حدثت في لندن عام 1952 وراح ضحيتها 4000 شخص.

وفي الدول النامية تعتبر مدينة سيول والقاهرة وبانكوك وبومباي وكراتشي وجاكرتا ومانيلا من أكثر المناطق الحضرية تلوثاً في العالم طبقاً لمسح حالة الهواء قبل عام 1990.

كما أسهم تلوث الهواء في إنتشار الكثير من الجراثيم التي تسبب الأمراض للناس منها الإنفلونزا والأمراض الوبائية القاتلة التي تنتشر بسرعة في الوسط البيئي ومرض الجمرة الخبيثة ومرض الطاعون والكوليرا ومرض الجدري

والحمى. كما تحدث حالات تسمم للإنسان نتيجة للتأثيرات الضارة للمركبات المتطايرة من الزرنيخ نتيجة للنشاط الميكروبي لبعض الأنواع الفطرية. كما يؤثر هذا التلوث بشكل كبير على طبقة الأوزون ويدمرها.

١- مخاطر التلوث بغاز ثاني أكسيد الكربون

يتكون غاز ثاني أكسيد الكربون من إحتراق المواد العضوية كالورق والحطب والفحم وزيت البترول. ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود من أهم الملوثات التي أدخلها الإنسان على الهواء. أن عملية الإتزان البيئي التي تذيب غاز ثاني أكسيد الكربون الزائد في مياه البحار والمحيطات مكوناً حامضاً ضعيفاً يعرف بإسم حامض الكربونيك. حامض الكربونيك هذا يتفاعل مع بعض الرواسب مكوناً بيكربونات وكربونات الكالسيوم. وتساهم النباتات أيضاً في إستخدام جزء كبير منه في عملية التمثيل الضوئي.

وتجدر الإشارة إلى أن الإسراف في إستخدام الوقود وقطع الغابات أو التقليل من الساحات الخضراء ساهم في إرتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو والذى قد يؤدى إلى إرتفاع درجة حرارة الأرض وهو ما يعرف بالإحتباس الحرارى.

يؤدى زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو وتراكمة فى الهواء إلى ما يلى :-

أ- إرتفاع درجة حرارة الهواء ومن ثم حرارة الأرض. ويتوقع الخبراء أنة مع مضاعفة نسبة الغاز المنبعثة إلى الجو نتيجة الزيادة فى إستهلاك الطاقة وإحتراق الوقود فإن هذا سيؤدى إلى زيادة معدل إرتفاع درجة حرارة الهواء ومن ثم حرارة الأرض وتسمى هذة الظاهرة بظاهرة البيوت الزجاجية Green house. وبسبب ذلك ترتفع حرارة المدن المزدحمة سواء بالسكان أو بوسائل المواصلات نظرا لإرتفاع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون الهواء وذلك

لقدرة هذا الغاز على إمتصاص كمية كبيرة من الأشعة تحت الحمراء مما يؤدى إلى إرتفاع درجة حرارة الهواء .

ب- يعمل تلوث الهواء بغاز ثانى أكسيد الكربون فى المناطق ذات الرطوبة العالية على تكوين قطرات من حامض الكربونيك الذى قد يلحق أضرار بالغة بالنباتات والحياة المائية والمبانى التى يستخدم فى بنائها الحجر الجيرى.

ج - يؤدى إرتفاع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الأجواء الرطبة إلى سرعة صدأ المعادن.

د- تؤدي زيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون إلى صعوبة في التنفس والشعور بالإحتقان مع تهيج للأغشية المخاطية وإلتهاب القصبات الهوائية وتهيج الحلق. وقد يصل الأمر إلى توقف التنفس. وإذا وصل تركيزه إلى 80,000 جزء فى المليون(ppm) فيؤدى إلى موت محقق خلال عشر دقائق. والحد المسموح بة عالميا لتلوث الهواء بغاز ثانى أكسيد الكربون هو 315 جزء فى المليون (ppm).

هـ - قد تؤدى زيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون إلى زيادة نسبة الوفيات. فقد أظهرت دراسة حديثة أن ثانى أكسيد الكربون المسبب فى إرتفاع درجة حرارة الأرض والذى تخرجه محطات الطاقة الكهربائية التى تعمل بالفحم والمركبات تسبب المئات من حالات الوفيات فى سن مبكرة بالولايات المتحدة كل عام خلال عقود عدة. وأوضحت هذه الدراسة ان الوفيات ناجمة عن أمراض فى الرئة والقلب مرتبطة بالأوزون والجسيمات الملوثة العالقة بالهواء بسبب ثانى أكسيد الكربون الذى ينجم عن الأنشطة الإنسانية. ونظرا لإرتفاع درجة حرارة الأرض بسبب إنبعاثات ثانى اكسيد الكربون فإن من المتوقع إرتفاع معدل الوفيات السنوية. ومن المتوقع أيضا أن تسجل الوفيات فى سن مبكرة بالولايات المتحدة بسبب ثانى اكسيد الكروبون الناجم عن الأنشطة الإنسانية ألف حالة فى العام حينما ترتفع درجات الحرارة العالمية درجة واحدة مئوية. وذكرت هذه الدراسة أنه عندما تسجل درجة الحرارة هذا الإرتفاع المحتمل أن يحدث فى القرن الحالى فإن معدل الوفيات السنوى بالعالم سيزداد إلى 21600. ولقد إرتفعت درجة حرارة الأرض 0.8 درجة

مئوية فى المئة والخمسين عاما الماضية وتركزت أغلب الزيادة في العقود الثلاثة الأخيرة. ويمكن تحميل سبب حالة وفاة 700 إلى 800 حالة سنوية بالولايات المتحدة فى أغلب الأعوام على إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون الناجمة عن النشاط الإنساني. إن إرتفاع درجة الحرارة قد يؤدى إلى زيادة مدمرة فى مستويات البحار ومظاهر جفاف وأيضا عواصف شديدة متوقعة خلال هذا القرن. وهذه هى المرة الأولى التى تربط فيها هذه الدراسة بين إرتفاع درجة حرارة الأرض بفعل النشاط الإنسانى وبين معدل الوفيات البشرية .

٢- مخاطر التلوث بغاز أول أكسيد الكربون

هو غاز ليس له لون ولا رائحة ومصدره عملية الإحتراق الغير كامل للوقود. والإحتراق غير الكامل هو نتيجة عدم توفر أوكسجين كاف أثناء الحريق لحرق المادة كليا. كما أن الإحتراق غير الكامل ينبعث أيضا من عوادم المركبات ومن إحترق الفحم أو الحطب في المدافئ. وهو أخطر أنواع تلوث الهواء وأشدها سمية على الإنسان و الحيوان. وتكمن خطورة أول أكسيد الكربون في أنه يكون مع هيموجلوبين الدم مركبا معقدا هو كربوكسيل الهيموجلوبين Carboxyl haemoglobin الذي يقلل من قابلية الدم لحمل الأوكسجين. وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين فينتج تأثيرات الصداع والإرهاق حتى الغيبوبة والموت نتيجة نقص الأوكسجين فى الدم. وجدير بالذكر أنه يصعب تمييز أول أكسيد الكربون لأنه عديم اللون والرائحة.

كما يتحد أول أكسيد الكربون مع الحديد اللازم لعمل بعض الإنزيمات التنفسية مما يؤدى لوقف نشاطها ويؤدى إلى موت محقق إذا وصل تركيزة بالهواء الى 1000 جزء فى المليون (ppm). والحد المسموح بة عالميا لتلوث الهواء بغاز أول أكسيد الكربون هو 9 جزء فى المليون (ppm) ولمدة 8 ساعات.

وتعتمد سمية أول أكسيد الكربون علي تركيزه في الهواء المستنشق فتركيز 0.01% من أول أكسيد الكربون يعادل 20% من كربوكسى هيموجلوبين. وبذلك يؤدى إلى :-

أ- يؤثر علي الجهاز العصبي.

ب- يحدث قصور في الدورة الدموية.

جـ - شعور بالتعب.

د- صعوبة التنفس Dyspnoea.

هـ - طنين في الأذن Noises in the ears.

في حين تركيز 0.1% من أول أكسيد الكربون يعادل 50% من كربوكسي هيموجلوبين ويؤدي إلى :-

١- ضعف في القوة وارتخاء في عضلات الجسم وبذلك لا يستطيع المصاب المشي خارج المكان.

٢- ضعف في السمع Impaired hearing.

٣- نقص في الروية Dimness of vision.

٤- غثيان وقيء.

٥- إنخفاض ضغط الدم.

٦- إنخفاض في الحرارة.

٧- إزدياد النبض مع ضعف في إحساسه Rapid weak pulse

٨- أخيراً الإغماء والوفاة خلال ساعتين.

إذن النتيجة النهائية هى الوفاة لمن يتسمم بهذا الغاز ولذلك تتضح خطورته.

٣- مخاطر التلوث بغاز الهيدروكربون

يمكن تلخيص مخاطر غاز الهيدروكربون فيما يلى :-

أ - يساهم فى تكوين الدخان الضبابى Smog.

ب - إنطلاق الإثيلين يؤدى لتكوين الفورمالدهيد الذى يسبب تهيج العيون.

جـ - مادة البنزوبيرين Benzoperene من أهم المواد المسببة للسرطان.

د – تتفاعل الهيدروكربون مع غاز الأوزون فتتكون مواد ملوثة ثانوية ومن بينها الفورمالدهيد وغيره من الألدهيدات والكيتونات.

٤- مخاطر التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين

غاز كبريتيد الهيدروجين هو غاز ذو رائحة تشبه البيض الفاسد ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي Sewage. وهو غاز سام وقاتل ولا يختلف عن أول أكسيد الكربون أو سيانيد الهيدروجين حيث يتحد مع هيموجلوبين الدم محدثاً نقصاً في الأكسجين الذي يصل إلى الأنسجة والأعضاء الأخرى من الجسم. وغاز كبريتيد الهيدروجين له التأثيرات التالية :-

١- يؤثر هذا الغاز على الجهاز العصبي المركزي.

٢- يثبط عملية الأكسدة الخمائرية مما يؤدي إلى حدوث إضطراب وصعوبة في التنفس.

٣- يسبب صعوبة فى التنفس بسبب تأثيرة على عمل كثير من الإنزيمات الفعالة بالجسم

٤- يسبب تهيجات فى المجارى التنفسية وبطانة الغشاء المخاطى للعيون.

٥- يصيب الأشخاص الذين يتعرضون لتراكيز عالية من هذا الغاز فى الهواء ولفترات طويلة بخمول فى التفكير وعدم القدرة على التركيز.

٦- يسبب تلوث الهواء بغاز كبريتيد الهيدروجين أضرارا بالغة بالدهانات المختلفة خاصة المحتوية على الرصاص.

٥- مخاطر تلوث الهواء بغاز الأمونيا

يمكن تلخيص مخاطر تلوث الهواء بغاز الأمونيا فيما يلى :-

أ- شديد السمية ويسبب تهيج الأغشية المخاطية للعيون والجيوب الأنفية والحنجرة.

ب- يحدث العقم عند التعرض بغاز الأمونيا بقترة طويلة بسبب تأثيرة على بعض الإنزيمات كإنزيم الفوسفاتيز فى خلايا الخصية.

٦- مخاطر التلوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت

غاز ثاني أكسيد الكبريت هو غاز حمضي يعتبر من أخطر ملوثات الهواء فوق المدن والمنشآت الصناعية. ينتج ثاني أكسيد الكبريت عادة من إحتراق أنواع الوقود كالفحم وزيت البترول أو أي وقود يحتوي علي عنصر الكبريت. وأيضاً بعض البراكين تطلق هذا الغاز.

ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أحد عناصر مكونات الأمطار على سطح الأرض فيلوث التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمجاري المائية ، وبذلك يسبب إخلالا بالتوازن البيئي. ويختلط بالضباب الدخاني فوق المدن محدثاً أضرارا بالغة. وغاز ثاني أكسيد الكبريت له التأثيرات التالية :-

أ- له رائحة نفاذة تسبب ضيقا وشعورا بالإختناق. هذا الغاز قد يؤذي جهاز التنفس وخصوصا الرئتين وكذلك القلب محدثاً إلتهاب القصبات الهوائية وضيق التنفس وآلام في الصدر. وتبعا لتركيزغاز ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء يتراوح تأثيره من ضيق فى التنفس وإلتهاب المجرى الأنفى وسعال شديد وإلتهاب القصبات والشعيبات الهوائية إلى صعوبة تبادل الغازات بين الرئتين والدم. ويعد مسؤلا بدرجة ما عن زيادة معدلات الربو المزمن والإلتهاب الرئوى ، كما يعيق عمليات تنظيف الرئتين. وعندما يصل التركيز إلى 50 - 100 جزء فى المليون (ppm) فإنة يؤدى إلى الموت خلال عشر دقائق.

ب- يكون تأثيره أكثر شدة إذا كان الهواء متربا حيث تؤثر الدقائق علي الغشاء الذي يحمي الرئة ، فيزيد من تأثير الغاز،

جـ - التركيزات العالية منه تسبب تشنج الحبال الصوتية وقد تؤدي إلى تشنج مفاجئ وإختناق.

د- التعرض الطويل للغاز يؤثر على حاسة التذوق والشم وإلى التصلب الرئوي.

هـ - يسبب تهيج العيون وكذلك الجلد.

و- يسبب الأمطار الحمضية.

ز- يحدث تأثيرات ضارة مختلفة على النبات ، فهو يزيل اللون الأخضر لورقة النبات ، حيث يتحول لونها بالتدريج من الأخضر إلى الأصفر. كما ينخفض معدل البناء الضوئى بدرجة كبيرة قد تصل إلى التوقف.

م- يتفاعل هذا الغاز مع بخار الماء مكونا قطرات من حامض الكبريتيك التى تلحق أضرارا بالغطاء النباتى والمنشأت المبنية بالحجر الجيرى وحجر الرمل. كما يتسبب أيضا فى تآكل وتشقق المعادن والمطاط.

٧- مخاطر التلوث بغاز ثاني أكسيد النيتروجين

هذا الغاز وغيره من أكسيد النيتروجين تنتج من إحتراق المركبات العضوية وأيضا من عوادم السيارات والشاحنات وبعض المنشآت الصناعية ومن محطات القوي الكهربائية. ويكون إنبعاث هذه الغازات في الهواء ضبابا دخانيا Smog. وغاز ثانى أكسيد النيتروجين يكون مع بخار الماء في الجو حامضاً قوياً هو حامض النيتريك الذي يتساقط علي الأرض مسببا ما يعرف بالمطر الحمضي. وعند وصوله مع بقية أكاسيد النيتروجين إلى طبقات الجو العليا (طبقة الأوزون) يحدث كثيراً من الضرر لهذه الطبقة. وبوجه عام ، إذا إستنشق الإنسان هذه الغازات ، فإنها تسبب تلفا في أنسجة الرئة. تدخل غازات أكاسيد النيتروجين فى تفاعلات كيميائية وفى دورة كيميائية تحت تأثير الضوء وفى وجود الهيدروكربونات ، وينتج عنها مصادر تلوث كثيرة شديدة الخطورة على الصحة والبيئة ويمكن تلخيص هذة المخاطر فيما يلى :-

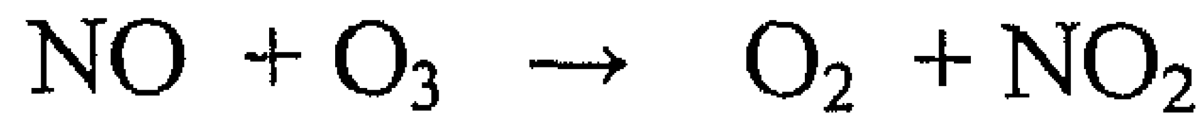
أ- يتحول ثانى أكسيد النيتروجين بواسطة الرطوبة إلى حامض النيتريك الذى يؤدى إستنشاقة إلى تهيج الأغشية المخاطية للمجاري التنفسية مسببا أضرار كبيرة للرئة مثل pulmonary edema والجهاز التنفسى.

ب- يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للعين.

جـ - عندما يرتفع تركيز غاز ثانى أكسيد النيتروجين فى الهواء فإن هذا الغاز يمتص الطاقة الشمسية ويتحول إلى غاز أول أكسيد النيتروجين NO الذى يتحد مع الهيموجلوبين فى الدم مكونا الميثاميجلوبين Mathaemy globin ينتج عنة

نقصان فى كمية الأوكسجين التى تصل إلى أنسجة الجسم ويسبب عند الأطفال ظاهرة الطفل المزرق Blue baby.

د- عندما يصطدم أحدا جزيئات غاز NO مع جزىء من الأوزون O_3 ينحل جزىء الأوزون مكونا جزيئا من الأوكسجين وآخر من ثانى أكسيد النيتروجين NO_2 حسب المعادلة :-



$$NO + O_3 \rightarrow O_2 + NO_2$$

وهذا التفاعل يؤدى إلى إختفاء جزيئات الأوزون مما يؤدى إلى ضرر طبقة الأوزون. يؤدى هذا النقص فى تركيز طبقة الأوزون إلى نفاد الأشعة فوق البنفسجية بمعدل أكبر من المطلوب. والإضرار بطبقة الأوزون قد يسبب للكائنات الحية حروقا شمسيا وبعض سرطانات الجلد وتثبيط عملية التمثيل الضوئى بالنباتات.

هـ - يعمل غاز ثانى أكسيد النيتروجين على تهيج الجيوب الأنفية والمجارى التنفسية كما يسبب تليف وإحتقان رئوى.

و- يمكن أن يتفاعل غاز ثانى أكسيد النيتروجين مع بخار الماء مكونا حامض النيتريك الذى يؤدى إلى حدوث أضرار جسيمة بالممتلكات الإقتصادية كالنباتات والأبنية والحياة المائية.

ز- يشارك فى التفاعل الكيميائى الضوئى مع الجسيمات الهيدروكربونية على تكوين الدخان الضبابى Somg مما ينتج عن ذلك إنخفاض حرارة الجو. ويجب ملاحظة أن الحد الأقصى المسموح به عالميا لتلوث الهواء بغاز ثانى أكسيد النيتروجين هو 0,35 جزء فى المليون (ppm).

٨- مخاطر تلوث الهواء بالرصاص

أ- يقلل الرصاص من تخليق الهيموجلوبين حيث يثبط عمل بعض الإنزيمات (Ferrochelatase). كما أنة يتحد مع مجموعة (-SH) الموجودة فى الإنزيم

المسؤول عن تكوين مادة الهيم Heme فيقف تكوين سلسلة ألفا من بروتين الجلربين المكونة للهيموجلوبين.

ب- يؤثر تلوث الهواء بالرصاص على الجهاز العصبى للإنسان وخاصة في الأطفال. وقد يؤدى إلى مضاعفات كالغيبوبة وإرتخاء العضلات ويسبب أمراض التخلف العقلى.

جـ - يسبب أمراض الكلى.

د- يسبب الصداع والضعف العام وقد يؤدى للغيبوبة وإلى حدوث تشنجات قد تؤدى للوفاة .

هـ - يترسب الرصاص فى أنسجة العضام ويحل محل الكالسيوم.

و- يسبب خلل فى إفراز حامض البوليك Uric acid مما يؤدى إلى زيادتة فى الدم وترسبه فى المفاصل وفى الكلى مما يسبب إلتهاب الكلى المزمن.

ز- يسبب الإضطرابات النفسية للإنسان وقد تصل إلى تشنجات وإضطراب فى العادة الشهرية لدى النساء وقد يسبب الإجهاض أيضا. ويعتبر الهواء ملوثا بالرصاص إذا زاد تركيزة عن 15 ملليجرام / م^{٣} هواء.

ر- تراكمه في الأجنة يؤدي إلى تشوه الجنيين.

٩- مخاطر التلوث بمركبات الكلورو فلورو كربون

تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق. وكذلك يمكن إستخدام مركبات الكلورفوروكربون على هيئة سائل في أجهزة التكيف والتبريد ثلاجات المنازل. كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراق غير كامل يؤدي إلى إنتشار هذه المركبات في الجو.

يوجد تركيز من هذه المركبات في طبقات الجو على بعد 18 كم فوق المناطق القطبية. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنوياً. وعند وصول هذه المركبات لطبقة الإستراتوسفير

Stratosphere التي بها طبقة الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة الفوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أوكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون. ولقد تنبهت العديد من الدول لخطورة هذه المركبات وبدأت بعضها في حظر إنتاجها مثل الولايات المتحدة الأمريكية والسويد وكندا والنرويج وغيرها وذلك منذ عام 1982. وهناك محاولات لإستبدالها بمواد نافعة أخرى من بينها إستعمال خليط من غاز البيوتان والماء ويطلق عليه إسم أكواصول aquasol ولا تحتوي على الكلور والفلور.

١٠- مخاطر التلوث بالنترات

حيث أن النيتروجين ضروري لبناء الأحماض الأمينية والبروتينات نلاحظ أهمية التغذية بالنيتروجين فى النباتات وذلك لتأمين الطاقة العالية للتمثيل الضوئي. ويتوفر النيتروجين بكميات كبيرة في اليخضور الذي يعطيه اللون الأخضر. واليخضور ضروري للتمثيل الضوئى (Jürg , 2002) حيث التغذية النيتروجينية الجيدة تحسن فعالية التمثيل الضوئي.

إن أيون النترات في النبات يؤدي إلى تأثيرات فسيولوجية عديدة منها زيادة أسموزية النسيج النباتي مما يجعل محتواه من الماء مرتفع وينتج عنه تخفيف في تركيز المواد الحيوية الأخرى ومن أهمها السكريات وهذا يؤثر بدوره على تراكم المادة الجافة وضعف الجدر الخلوية وقابلية النسيج للعطب السريع. والسبب الآخر هو أنه عند إختزال النترات خلال عمليات الأيض الغذائي لتشارك في تكوين الأحماض الأمينية ومن ثم البروتين فإنها تعتمد على الطاقة الناتجة من التنفس عن طريق هدم الكربوهيدرات. وعلى ذلك فكلما زاد تركيز النترات في النسيج النباتي كلما قل معدل تراكم الكربوهيدرات مما يؤثر سلبا على هيكل الخلية ، مؤديا إلى ضعف الجدر وبنيان الخلايا وبالتالي ظهور حالات العطب والتعفن (Maynard et al., 1976).

إن تراكم مستويات عالية من النترات (NO_3^-) في الأنسجة مع إنخفاض مستويات الكالسيوم في الأوراق يؤدي إلى حدوث مرض إحتراق القمة في الخس. أما بالنسبة للإنسان فينتج عن زيادة مستوى النترات في جسمه عن الحد المسموح به هو حدوث حالات سرطانية وأهم هذه الحالات سرطان المعدة والجهاز الهضمي وذلك نتيجة إختزال النترات إلي نيتريت ثم إلى نيتروزأمين (Forman et al., 1985; Payn, 1993). ولقد ثبت بالدراسة والأبحاث إختزال أيون النترات في جسم الكائن الحي إلى أيون النيتريت (Lyons et al., 1994). وكذلك وجد (Huett and White,1992) أن أيون النيتريت هذا يتحد مع مجاميع الأمين في الجسم ويتحول إلى نيتروز أمين مسببا الأمراض السرطانية.

وأيضاً تؤدي زيادة النترات إلى ضعف كفاءة الدم على حمل الأوكسيجين وبالتالي ظهور ما يسمى المرض الأزرق (ميثيموجلوبينيميا) خاصة عند الأطفال.

كذلك وجد أن لزيادة النترات في محاصيل أعلاف الماشية خلال الحمل إرتباطا بمرض حمي اللبن milk fever ومرض إلتهاب الرحم. كما وجد أن النترات العالية في الغذاء تتحول بواسطة البكتيريا في الحيوانات المجترة إلى نيتريت مما يسبب حالات سمية وظهور أعراض نقص فيتامين (A) رغم وجود إمداد كافي من الكاروتين (Santamaria and Elia, 1997; Byrne et al., 1999).

وأيون النترات يحمل شحنه سالبة وتتسرب نتيجة حركتها السريعة الناتجة من ذائبيتها العالية في الماء إلى طبقات الأرض السفلى ملوثة المياه الجوفية التي تستخدم للري والإستهلاك الآدمي (Viets and Hageman, 1971).

وتعتبر الخضروات ومياه الشرب الملوثة من أهم مصادر النترات وتساهم الخضروات الورقية مثل الخس والسبانخ والجرجير بحوالي 70% - 90 من النترات و 35% من النيتريت التي تصل لجسم الإنسان (Dich et al., 1996).

وتشير الدراسات إلى أن 70% من النترات التي تصل جسم الإنسان مصدرها الخضراوات و 20% فقط مصدرها مياه الشرب. صحيح أن النترات هي أحد صورتي النيتروجين الميسرة للنبات في التربة لكن الكميات الكبيرة منها التي يمتصها النبات والتي لم يتم تمثيلها داخله لتكوين البروتينات تخزن في الخلايا بصورتها. وأثناء عملية الطهي تتحول إلى نيتريت والتي بدورها يمكن أن ترتبط بمركبات أمينيه مكونة مواد تسبب بحدوث أمراض سرطانية مثل مادة نيتروز أمين (Al-Redhaiman, 2000).

وتختلف الجرعة المميتة للبالغين من النترات (NO_3^-) على نطاق واسع، وتفيد التقارير أنها تتراوح ما بين 15 و 70 ملجم (NO_3^-) لكل كيلوجرام من وزن الجسم. في حين أن الجرعة القاتلة من النيتريت (NO_2^-) هي حوالي 20 ملجم نيتريت (NO_2^-) لكل كجم من الجسم وزن (Al- Redhaiman, 2000). عملية تحول النترات (NO_3^-) إلى نيتريت (NO_2^-) تحدث من خلال الكائنات الدقيقة الموجودة في المياه والنباتات أو لتخزين المواد الغذائية (Al-Redhaiman,1996) حيث أنه بعد إبتلاع النترات (NO_3^-) يمكن أن تتحول إلى نيتريت (NO_2^-) عن طريق البكتيريا الموجودة في الجهاز الهضمي. إن سمية النترات (NO_3^-) والنيتريت (NO_2^-) يمكن أن يكون إما حادة أو مزمنة. وتكون السمية حادة عندما يدخل النيتريت (NO_2^-) بكميات كبيرة إلى مجرى الدم وأوكسيد الحديد (Fe_2 +) الذي يؤكسد الحديد وهيموجلوبين الدم مؤدياً إلى الإصابة بمرض الزرقة (ميثيموجلوبينيميا) Methaemoglobinemia والذي لا يتمكن من نقل الأوكسجين. وهذه النسبة التي تصل إلى حوالي 70% أو أكثر من مجموع حجم الدم قد تكون قاتلة إذا لم يتم توفير الإسعافات الفورية (Lee, 1970).

وعموما حالات مرض الزرقة Methemoglobinemia تقتصر على الرضع الذين تقل أعمارهم ثلاثة أشهر من العمر والبالغين الذين يعانون من فقر الدم وراثيا والذين لديهم مستويات عالية من methemoglobin في دمائهم.

بالإضافة إلى ذلك ، أظهرت البحوث أن تركيزات عالية من النترات (NO_3^-) من المواد الغذائية يمكن أن تقلل من مستوى حامض الاسكوربيك. وحامض الاسكوربيك هو المعروف المانع من تشكيل المركبات المسببة للسرطان التي تحتوي على النيتريت (Mozafar,1993) .

على الرغم من المخاطر التي لم تقيم بشكل تام ، وعدة بلدان في أوروبا وضعت المستويات القصوى المسموح بها لتركيز النترات في المحاصيل الغذائية النباتية ، وغيرها من البلدان التي تفكر في إنشاء معايير مماثلة. وحددت المنظمات الغذائية العالمية الحد الأقصى المسموح به من النترات بحوالي 4500 ملليجرام نترات/كيلوجرام وزن رطب في الخس الشتوي و 3500 ملليجرام نترات/كيلوجرام وزن رطب في الخس الصيفي وذلك بناءاً على توصيات الإتحاد الأوربي (Roorda, 1984 ; Anon, 2001; Escobar et al., 2002) . وأوصت منظمة الصحة العالمية (WHO, 1993) بأن يكون الحد الأعلى للنترات في مياه الشرب في حدود 45 ملليجرام/لتر (10 ملليجرام نيتروجين) في إمدادات المياه المنزلية.

وجد أن الخطر الرئيسي على المواشي يرجع ذلك إلى تراكم النترات من بعض النباتات عندما تنمو هذه النباتات في التربة التي تحتوي على وجود فائض من النيتروجين (Wright et al., 1964; Humphreys et al., 1988).

١١- مخاطر تلوث الهواء بجسيمات الإسبستوس

وهى عبارة عن ألياف معدنية تنتج من العمليات الصناعية وتنطلق إلى الهواء وطول هذة الألياف حوالى 5 ميكروميتر. ويختلف نوع هذة الألياف تبعا لنوع المعدن المكون لها ، فبعضها يحتوى على حديد وبعضها يحتوى على سليكات الماغنسيوم وغير ذلك. ويسبب تلوث الهواء بهذة الجسيمات الأخطار التالية :-

أ- تسبب هذة الجسيمات التحجر الرئوى فينتج عنة إلتهاب يسبب ضيق فى التنفس.

ب- قد تسبب بعض هذة الجسيمات إختراق الجلد مؤديا إلى حدوث تقرحات بة.

ج - قد تسبب سرطانات الرئة والحنجرة والمعدة خاصة أن بعضها يدخل الجسم حاملا هيدروكربون حلقية مسرطنة.

د- بسبب تواجدها فى الهواء بعثرة أشعة الشمس مما يؤدى إلى ضعف فى مدى الرؤية.

علما بأن الحد المسموح بة فى جو العمل هو 180 ملليجرام / م^{3} هواء (أبو سعدة 2003).

١٢- مخاطر تلوث الهواء بالدقائق Particulates والمواد العالقة

يطلق العديد من الصناعات إلي الهواء دقائق صغيرة تعتبر ملوثات خطرة مثل الصناعات الكيماوية وصناعة الأسمنت والأسمدة والحديد والصلب وكذلك المحاجر والمطاحن وكثير من الصناعات المعدنية ومصانع المبيدات الحشرية. كما أن كثير من المصانع تطلق أبخرة في الجو تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والسلينوم. كما تحمل معها بعض المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكادميوم وغيرها وتبقي هذه المواد الشائبة معلقة في الهواء على هيئة رذاذ أو ضباب خفيف ويكون هذا التلوث واضحاً حول المصانع ولكن قد تحمله الرياح إلى أماكن أخرى.

ومن مخاطر الدقائق أنها تدخل مع الهواء إلي رئة الإنسان وتحدث إحتكاكا فيها يؤدي إلي إلتهاب أنسجة الرئة وأمراض الحساسية وفي أحيان كثيرة إلي الإصابة بسرطان الرئة.

١٣- مخاطر تلوث الهواء بالكائنات الدقيقة أو الميكروبات

تنتشر في الهواء أنوع عديدة من البكتيريا والفطريات في حالة ساكنة وتصيب الإنسان إذا توفرت الظروف الملائمة . ومن أجناس البكتيريا *Mycobacterium , Corynebactrium , Yersina , Streptococcus ,* أما الفطريات فمنها *Pentium , Candida , Aspergillus*. ويعتبر فيروس

الإنفلونزا أكثر الفيروسات إنتشاراً في الهواء. تستخدم الميكروبات في الحروب الجرثومية لسهولة إنتشارها في الهواء وتسبب أمراضاً فتاكة بالإنسان. ومن أشهر هذه الميكروبات في وقتنا الحاضر الجمرة الخبيثة التي تسببها *Bacillus anthrax*. ويمكن إنتشار غيرها عن طريق الهواء مثل الطاعون *Pasture plague Upsets* والجدري الذي يسببه فيروس *Small pox*.

وقد تسبب الكائنات الدقيقة الملوثة للهواء أمراضا مختلفة للإنسان. وهناك البكتيريا التى تسبب أمراض الجهاز التنفسي وأهمها :-

١- السل ويسببه بكتيريا *Mycobacterium tyberculasis*

٢- الإلتهاب الرئوى ويسببه ميكروب *Betacoccus pneumonia*

٣- السعال الديكى ويسببه *Bordetella pertusris*

كما توجد أمراض تنتج عن وجود جراثيم الفطريات فى الهواء والتى تصيب الأذن الخارجية الوسطى مثل *Aspergillus fungatus* وميكروب *Mucas nucoda* المسبب للقراع.

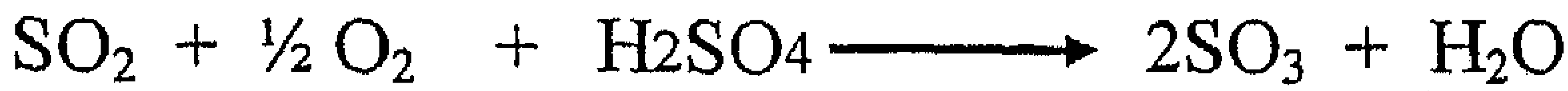
كما تنتشر الفيروسات فى الهواء وتلوثة. وتشكل الفيروسات المسببة للأمراض التنفسية الجزء الأكبر من هذة الفيروسات. وتنتقل الجسيمات الفيروسية إلى الهواء من الشخص المصاب مع رذاذ العطس أو السعال أو خلال الكلام ثم إلى الشخص الغير مصاب وخاصة فى الأماكن المغلقة أو المزدحمة مثل وسائل المواصلات أو دور السينما أو دور العبادة أو فى الأماكن المزدحمة. وأهم هذه الفيروسات هو فيروس الإنفلونزا Influenza وفيروس الغدة النكافية Mips Virus فيروس الحصبة Mensels.

١٤- مخاطر تلوث الهواء بالمطر الحمضى Acid rain

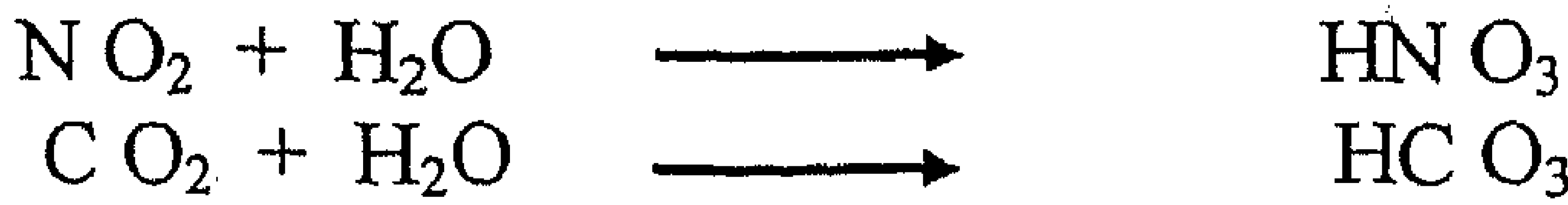
المطر الحمضى هو أحد ملوثات الهواء الثانوية وينتج من ملوثات أولية مثل أكاسيد الكبريت والنيتروجين والكربون. فيحدث تفاعل بين هذه الأكاسيد مع قطرات بخار الماء والتى يحدث لها تساقط على المسطحات المائية والتربة والنبات والأبنية مسببة لها أضرار. ويعتبر المطر حامضيا إذا وصلت درجة حموضته pH

إلى 5.6 ورقم الـ pH هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين ($pH = - \log (H^+)$) وكلما قل الـ pH لمحلول ما عن 7 أصبح حامضيا أى أن تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) فى المحلول يكون أكبر من تركيز أيونات الهيدروكسيل (OH).

تنتج الأمطار الحمضية من تلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد النيتروجين الناتجة من حرق كميات ضخمة من الوقود في المصانع وتحملها الرياح إلى مسافات بعيدة كل البعد عن المصدر الذي خرجت منه. ولا توجد فكرة واضحة عن تكون الأمطار الحمضية ويعتقد أن غاز ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين تتفاعل مع بخار الماء الموجود في الجو كما يلي :-



$$SO_2 + \frac{1}{2} O_2 + H2SO4 \longrightarrow 2SO_3 + H_2O$$



$$NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3$$

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow HCO_3$$

وتبقى هذه الأحماض معلقة في الهواء على هيئة رذاذ وتسقط مع الأمطار. وفي البلدان قليلة الأمطار مثل دول الخليج تلتصق المركبات الحمضية على سطح الأتربة العالقة في الهواء وتتساقط معها فيما يعرف بالترسيب الحمضي الجاف وأحياناً يسمى الترسيب الحمضي.

تعتبر المناطق الصناعية التى ترتفع بها درجة الرطوبة من أكثر المناطق عرضة للتلوث بالأمطار الحمضية. وقد تتصاعد الغازات من الصناعات المختلفة ومحطات القوى فى دولة ما ، وتنتقل بفعل الرياح إلى مسافات بعيدة حيث تتحد مع قطرات بخار الماء فوق دول أخرى وتتساقط كمطر حمضى عليها. وقد تتراكم القطرات الحمضية مع الثلوج فى المناطق الباردة التى يتراكم بها الثلوج. وعندما تذوب فإنها تحملها إلى المسطحات المائية ممايسبب هلاك الثروة السمكية. وللأمطار الحمضية أو الترسيب الحمضي آثار سيئة على البيئة.

ومن مخاطر المطر الحمضى ما يلى :-

١- يسبب المطر الحمضى ذوبان العديد من مكونات التربة خاصة العناصر الثقيلة ، كما يبطىء عملية تثبيت النيتروجين وعملية الإمتصاص عند النبات ومعدنة المادة العضوية مما يؤثر على السلسلة الغذائية وتلف الغابات.

٢- يلحق الضرر بالأبنية خاصة المصنوعة من الحجر الجيرى. كما يحدث صدأ المعادن فى المبانى والكبارى.

٣- يسبب للإنسان إلتهاب بطانة الأنف والحنجرة والعيون وتهيج بطانة الجهاز التنفسى.

٤- فى التربة القلوية تتفاعل معها وتتعادل معها فعلى الأرض الجيرية مثلاً تكون الكالسيوم وتجرفه إلى الأنهار. وكذلك تذيب بعض المعادن أو الفلزات الهامة للنبات وتبعدها عن جذور النبات ومن أمثلة ذلك الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم التي يحملها مياه الأمطار الحمضية بعيداً عن جذور النباتات إلى المياه الجوفية وبذلك تقل جودة المحاصيل الزراعية.

٥- في التربة الجرانيتية كما في دول السويد والنرويج حيث تؤدي إلى تفتيت الصخور وترفع من درجة حموضة البحيرات.

٦- في البحيرات تؤدي الأمطار الحمضية إلى زيادة الحموضة في مياه البحيرات وبالتالي قد تسبب في عدم صلاحيتها للأسماك والكائنات الدقيقة .

٧- على المحاصيل الزراعية والغابات حيث يلاحظ أن كثير من النباتات لم تستطع العيش مع الأمطار الحمضية فذبلت وماتت وبالتالي يؤدي إلى فقدان المحاصيل الزراعية والأخشاب من الغابات .

٨- التأثير على الأحجار الجيرية فقد لوحظ في لندن تآكل أو تفتت بعض أحجار برج لندن وكنيسة لودستمتستر إلى فقد بلغ عمق التآكل بضع سنتميترات نتيجة التفاعل بين غاز ثاني أكسيد الكبريت والأمطار التي تسقط على المدن من حين لآخر. كذلك شوهد أثر الأمطار الحمضية أو الترسيب الحمضي على

الأكروديوليس في اليونان والكلولوسيم في إيطاليا وتاج محل في الهند وأبو الهول في مصر .

١٥- مخاطر تلوث الهواء بالدخان الضبابى

الدخان الضبابى هو شكل من أشكال تلوث الهواء. وينتج الدخان الضبابى من إختلاف الغازات والجسيمات الناتجة من حرق الوقود (الدخان) مع الضباب وذلك فى ظروف مناخية معينة. كذلك ينتج الدخان الضبابى بسبب تفاعل ضوء الشمس مع الغازات المنطلقة من المركبات ومن المصانع ومن الأنشطة المختلفة للإنسان مثل تفاعل ثانى أكسيد النيتروجين (NO_2) مع ضوء الشمس وتحولة إلى أكسيد النيتريك (NO) وأوكسجين ذرى (O) والذى يتحد مع جزيئات الأوكسجين (O_2) مكونا غاز الأوزون (O_3).

وقد تؤدى ظروف الطقس مثل قلة الرياح أو إنخفاض الإنقلاب الحرارى إلى تراكم الدخان الضبابى فى منطقة معينة. ويحدث الإنقلاب الحرارى عندما تستقر كتلة الهواء الدافيء فوق كتلة من الهواء البارد بالقرب من سطح الأرض وهذا يمنع الدخان الضبابى من التصاعد والتشتت. ويسبب الدخان الضبابى مخاطر عديدة للإنسان ، فهو يؤثر على الجهاز التنفسى بصورة خاصة وقد تؤدى إلى إصابة الإنسان بسرطان الرئة. كمايؤثر على الحيوان بطريقة مباشرة من خلال إستنشاقة للأتربة والأبخرة الموجودة فى البيئة المحيطة ، أو بطريقة غير مباشرة نتيجة تغذية هذة الحيوانات على النباتات الملوثة. وهذا يؤدى إلى نقص إنتاجها ، وفى أحيان كثيرة قد يؤدى إلى موت أعداد كبيرة من هذة الحيوانات.

ولقد وجد أيضا أن الدخان الضبابى قد يتجمع فوق أوراق النبات ويتراكم عليها ، وبالتالى يسد الثغور ويؤثر عللى عملية التمثيل الضوئى للنبات ويضعفها وفى بعض الأحيان هلاك ذلك النبات.

١٦- مخاطر تلوث الهواء على طبقة الأوزون

الأوزون Ozone غاز سام وشفاف يميل إلى الزرقة ويتكون الجزئ منه من ثلاث ذرات أوكسجين. ويتواجد الأوزون في طبقتي الجو السفلي التربوسفير Troposphere وطبقة الجو العليا الأستراتوسفير Stratosphere.

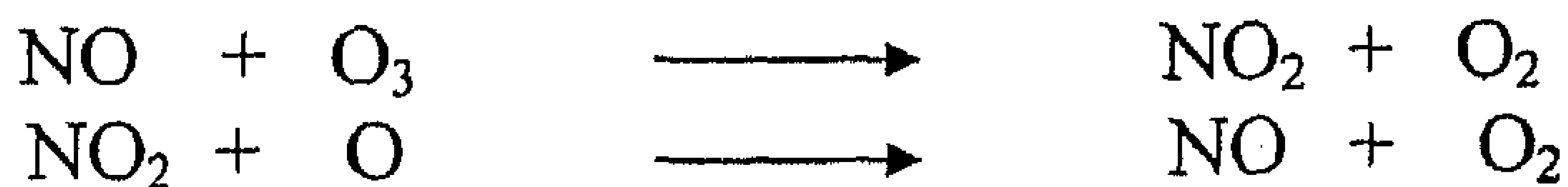
يتكون الأوزون في طبقات الجو السفلى من الملوثات المنبعثة من وسائل النقل أو بعض المركبات التي تحوي الهيدروكربونات (الفريون – الذي يدخل في الثلاجات وأجهزة التكيف وكثير من الصناعات الأخرى). وفي هذه الحالة يعتبر الأوزون من المكونات الخطيرة على صحة الإنسان لأن تنفس قدر ضئيل منه يحدث تهيج في الجهاز التنفسي وقد يحدث الوفاة.

أما في الأوزون الموجود في طبقات الجو العليا فيتكون من تفاعل جزيئات الأوكسجين مع الأوكسجين الحر الذي ينتج من هذه إنشطار هذه الجزيئات بفعل الأشعـة فوق البنفسجية كما يلي :-



إن طبقة الأوزون في الأستراتوسفير Stratosphere تعمل كدرع أو مرشح واقي يحمي الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة ولا يسمح إلا بمرور جزء يسير من هذه الأشعة. ولولا وجود طبقة الأوزون هذه لزالت الحياة من الكرة الأرضية.

ومع بداية السبعينيات بدأ الإهتمام بالملوثات الصادرة من نشاط الإنسان علي طبقة الأوزون. فقد وجد أن أكاسيد النيتروجين تفتت جزيئات الأوزون كما توضحه المعادلة التالية :-



وبذلك يعود أكسيد النيتروجين إلى حالته الأصلية ليعيد الدورة مرة أخري وبذلك تحتل التوازن الطبيعي.

وكذلك وجد أن مركبات الكلوروفلوروكربون (بعضها معروف صناعياً الفريون) تقوم بتفتيت جزئ الأوزون. ونظراً لإزدياد إستخدام هذه المركبات في كثير من الصناعات مثل البخاخات المعطرة والمزيلة لرائحة العرق وتسمي إيروسول وعلى هيئة سائل في معدات التبريد وتكييف الهواء وفي الصناعات الإلكترونية من حاسبات وتلفزيونات وأجهزة إستقبال وإرسال وخلافة. خطر هذه المادة هو إنبعاثها في الهواء وبصعودها لطبقات الجو العليا يتحرر الكلور بفعل الأشعة فوق البنفسجية من مركبات الكلوروفلوروكربون. هذا الكلور هو الذي يعمل على تدمير الأوزون وهو أحد أسباب ثقوب الأوزون وتقليل نسبتة في الغلاف الجوي.

أشعة فوق بنفسجية

ذرة كلور + جزئ أوزون ←—— أكسيد الكلور + جزئ أوكسجين



$$CL + O_3 \longrightarrow UV \longrightarrow CLO + O_2$$

وتجدر الإشارة إلى أن غاز الكلوروفلوروكربون له عمر طويل قد يمتد ما بين 75 – 100 سنه. كما أن هناك غازات أخري غير الكلور لها تأثير مدمر على الأوزون مثل الهيدروجين والنيتروجين.

هناك أيضاً عوادم الطائرات النفاثة والطائرات أسرع من الصوت بما تلفظه من نيتروجين من العادم الذي يدفعها للأمام ويؤدي إلى التلوث من جهة أخرى.

كذلك إطلاق الصواريخ للفضاء تحرق كمية كبيرة من الوقود السائل أو الصلب وبذلك تخلف أطناناً من الغازات الضارة بطبقة الأوزون. فقد ورد في إحصائية روسية أن كل عملية إطلاق صاروخ (مكوك فضائي) تدمر مليون طن من غاز الأوزون. كما ثبت أن الدقيقتين الأولي من إطلاق المكوك الأمريكي (التي تحترق خلالها صواريخ الدفع الابتدائية التي تعمل بالوقود الجاف) والتي

تمثل المرحلة الأولي في الصواريخ الحاملة للمكوك ينتج عنها 187 طناً من غاز الكلور ومركباته و 17 طناً من أكسيد الألمنيوم.

ينتج عن تآكل طبقة الأوزون أو وجود ثقب فيها أضراراً يمكن تلخيصها فيما يلي :-

١- إنتشار سرطان الجلد

يؤدي تآكل طبقة الأوزون إلى زيادة نسبة الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى الأرض من 1% إلى 2% وبالتالي فإن معدل الإصابات بسرطان الجلد يزداد بنسبة 4%. وهناك إحصائية أمريكية تقول بأن نقصان قدره 3% من سمك طبقة الأوزون يعني حدوث ثمانية عشر آلف من الإصابات بسرطان الجلد.

٢- التأثير الوراثي : (حدوث تلف للحامض النووى DNA)

إن تعرض الجلد للأشعة فوق البنفسجية يمكن أن يحدث تلفاً Epidermal أي تحت البشرة الخارجية للجلد مباشرة بسبب تلف الحامض النووي الـ DNA وينتج عن ذلك إنقسام الخلايا وحدوث الأورام. ولأن الحامض النووى الـ DNA هو المسئول عن نقل الصفات الوراثية فإن إصابته تكون نتيجة الإسراف في تعرضه للأشعة فوق البنفسجية حيثما ينتقل من جيل إلى جيل.

٣- حدوث المياه البيضاء في العين (كتاركت)

تسرب الأشعة فوق بنفسجية إلى سطح الأرض بسبب تأكل طبقة الأوزون يؤدي إلى حدوث عتامه في العين وهي المعروفة بالمياه البيضاء. وقد يؤدي إلى زيادة نسبة الأشخاص المصابين بالعمى.

٤- حدوث إختلال في جهاز المناعة في حسم الإنسان

زيادة الأشعة فوق البنفسجية نتيجة تآكل طبقة الأوزون يؤدي أيضاً إلى إختلال جهاز المناعة لدى الإنسان مما يزيد من نسبة تعرضه للأمراض المعدية المختلفة وخاصة الجهاز التنفسي.

٥- حدوث أمراض أخري :-

أ- الشيخوخة المبكرة وتسمم الدم والإرهاق العصبي.

ب- العمي الجليدي Snow Blindness.

جـ - شيخوخة الجلد (أمراض جلدية أخري).

٦- المحاصيل الزراعية

إن تسرب الأشعة فوق البنفسجية يلحق أضرار بالمحاليل الزراعية مثل الخضراوات وفول الصويا والقطن وقد يقلل من إنتاجها وبذلك يهدد الموارد الزراعية .

٧- الثروة الحيوانية

حيث أن الحيوانات تتغذى على النباتات والأعشاب وهذا يعني أن الضرر سيلحق بها أيضا نتيجة تضرر النباتات.

٨ - الثروة السمكية

لقد وجد بالدراسات التجريبية أن زيادة الأشعة فوق البنفسجية تقلل من الطحالب والنباتات ذات الخلية الواحدة التي تتغذى عليها الأسماك. كما أنها تهلك يرقات الأسماك التي تعيش قريباً من سطح الماء.

٩ - تغيير المناخ

زيادة الأوزون في التربوسفير Troposphere نتيجة التلوث ونقص في طبقة الأستراتوسفير Stratosphere تسبب خللاً في توازن الغلاف الجوي يؤدى إلى إرتفاع درجة الحرارة في الأرض أو الغلاف الجوى. ولا يعتبر الأوزون هو الوحيد في تسبب إرتفاع درجة حرارة الأرض بل يشارك وبنسبة رئيسية غاز ثاني أكسيد الكربون ومركبات الكلوروفلوروكربون وأكاسيد النيتروجين وغاز الميثان. ويقول العلماء أن درجة الحرارة على الأرض سوف ترتفع بمقدار 3 - 5 درجات في كل مكانٍ من الآن وحتى عام 2050. وتعرف الغازات السابق ذكرها بغازات الإحتباس الحراري لأنها تؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة الأرض.

إن لكل كائن حى درجة حرارة مثلى يعيش عليها ويكون أداءه وتكاثره ومساهمته فى الطبيعة ونموّه عليها أفضل وأسرع مايمكن. ولا يستثنى من ذلك الإنسان. إذا إنخفضت درجة حرارة البيئة عن الدرجة المثلى أو إرتفعت عنها

تناقصت نشاطات الكائن حى تصل إلى الدرجة القصوى له من الحرارة أو تصل إلى الدرجة الدنيا للحرارة التى يعيش عليها الكائن فيتوقف هنا نشاط الكائن الحى. ومن الكائنات ما يضرب عن النشاط تماما ويدخل فى دور سكون أو سبات أو بيات شتوى أو صيفى مثل الضفادع والدببة والحشرات وغيرها. وبعض الكائنات تهاجر آلاف الأميال بعيدا عن تلك الظروف غير الملائمة. فكثير من الطيور، والأسماك مثل السالمون ، والحشرات مثل الجراد وبعض أنواع الفراشات ، تهاجر وتعبر الأنهار والبحار والصحارى لتذهب إلى المكان الملائم لنشاطها وتكاثرها. ويهلك الكثير من الأفراد خلال تلك الرحلات من الهجرة.

تؤثر درجة الحرارة تأثيرا هائلا على خلايا الكائن الحى. إذا وضعت بيضة دجاجة فى ماء ساخن (وهى عبارة عن خلية أنثوية واحدة) فإن محتويات هذه الخلية تتجمد وتتصلب إلى غير رجعة. أى لو نقلتها إلى ماء بارد وخفضت درجة حرارتها مرة أخرى فإنها لا ترتد إلى حالتها السائلة الأولى مطلقا. هذا ما تفعله الحرارة فى الكائنات الحية فى خلاياها فهى تصلّب البروتين وتغير من طبيعته. قبل أن تصل إلى هذه الدرجة غير المرتدة عكسيا فإنها تغير من كفاءة نشاطات النظم الحيوية فى الخلية بالإرتفاع المتطرف أو الإنخفاض المتطرف فى درجة الحارة المحيطة. ومن أهم الخلايا التى تتكون منها أنسجة الكائن الحى هى الخلايا العصبية التى تنقل الأوامر العصبية وتنسق بين أعضاء وأنسجة ونظم الجسم كلها. فالحرارة العالية والحرارة المنخفضة والبعيدة عن الحرارة المثلى للكائن أو الإنسان تقلل من عملية إنتقال مكونات الناقل الكيميائى إلى الخلية العصبية فتفتقر الخلية إلى ذلك الناقل الكيميائى. فضلا عن ذلك فإن هناك ما يسمى بالإنزيمات أو العوامل المساعدة الحيوية التى تساعد فى تخليق المواد الكيميائية العصبية ، فيقل نشاطها بارتفاع أو إنخفاض درجة حرارة البيئة وبالتالى الخلية ، فتفتقر الخلية إلى الناقلات العصبية التى تنقل الأوامرالعصبية المنسقة بين أعضاء الجسم وآداءها. وبالإضافة إلى ذلك فإن غشاء الخلية العصبية الذى تنتقل عبره المواد

الكيميائية الناقلة تتغير مقدرته على تمرير تلك المواد الكيميائية العصبية فلا تصل إلى مواقعها على الخلايا الأخرى المنقولة إليها.

عموما إن إرتفاع درجة حرارة الأرض وما يصاحبها من تغييرات مناخية قد يكون مفيداً وضاراً. فسوف نحد أن بعض المناطق تزيد فيهـا إنتاجيـة الغابـات والمحاصيل الزراعية بينما تتدهور في مناطق أخرى وكذلك الأمطـار. كمـا أن إرتفاع درجات الحرارة يعجل بارتفاع سطح البحر مما يهدد الجـزر والمنـاطق المنخفضة بالغرق.

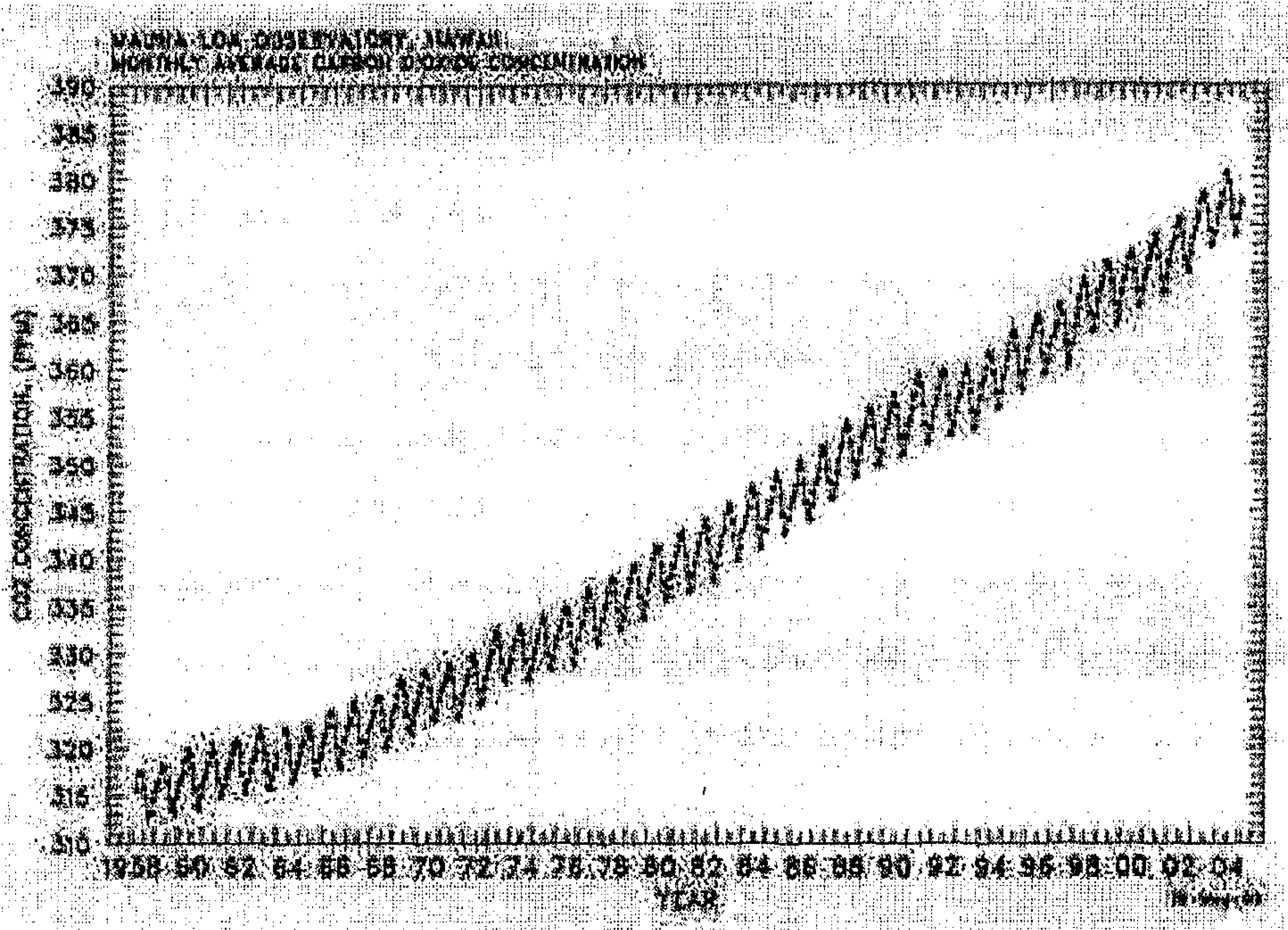
إن الدراسات الحديثة لتاريخ الأرض تدل على أن هناك دورة للغلاف الجوي للأرض. كان الغلاف الجوي ذات يوم مليئاً بالغازات السامة ، ثم إنخفضت نسبة الغازات السامة تدريجياً وفق عملية دقيقة ومعقدة تم عبرها إصلاح هذا الخلل في جو الأرض. ولولا هذه العمليات لم يكن للحياة أن تنشأ على الأرض.

إن زيادة نسبة الكربون في الجو خلال العصور السابقة للأرض كانت بفعل الظواهر الجيولوجية كالبراكين وما تقذفه من غازات. وعلى الرغم من الكميـات الهائلة التي أطلقتها البراكين فيما مضى ، إلا أنها تبقى أقل بكثير مما يطلقه البشر اليوم من ملوثات.

ولقد دلت الدراسات أن نسبة غاز الكربون في الجو الآن أعلى بثلاثين فـي المائة من العصور السابقة، أما نسبة غاز الميثان فهي أعلى بنسبة مئة بالمئة مـن السنوات الماضية. ونسبة غاز الكربون تزداد بمعدل واحد بالمئة كل عام ، وهـذه الزيادة خطيرة جداً ، وهذه الزيادة المتسارعة هي بسبب النشاط البشري في حرق الوقود وإنتاج الطاقة. ولذلك إذا إستمرت الزيادة كما هي عليه الآن، فإنه خلال مئة عام ستكون نسبة غاز الكربون في الهواء أعلى من أي وقت مضى على تـاريخ الأرض خلال المليون سنة الماضية.

إن زيادة نسبة غاز الكربون وذلك كما هو موضح فى الشكل (١-٥) سوف تتسبب بتغيرات مفاجئة بالمناخ ، وهذا سوف يسبب بعـض الكـوارث الطبيعيـة

وينتج عن ذلك مجاعة قد تجتاح العالم الفقير خصوصاً. وسوف يرتفــع مســتوى سطح البحر عدة أمتار بسبب ذوبان الجبال الجليدية في القارة المتجمدة الشــمالية والجنوبية. وهذا سيؤدي إلى غرق مدن ساحلية بأكملها نتيجة هذا الإرتفاع الكبير.



شكل ١-٥: منحني يمثل إزدياد نسبة غاز الكربون منذ عام 1958 وحتى عام 2004،

وفى هذا الشكل يظهر الإزدياد المتسارع في نسبة هذا الغــاز الســام. فقــد صعدت النسبة من 300 جزءاً في المليون (ppm) إلى 400 جزءاً فــي المليــون (ppm) خلال الخمسين عاماً الماضية.

خامسا: مخاطر التلوث بالإشعاعات

التلوث الإشعاعي يمثل خطورة بالغة على صحة وحياة الإنسان والحيوان والنبات. إن هذا النوع من التلوث لا يقل خطورة عن التلوث الكيماوي ، بل قد يفوقه من حيث سرعة إنتشاره ، ومن حيث حجم ونوعية الأمراض الناجمة عنه.

تدخل الإشعاعات إلى البيئة من مصادر مختلفة وتؤثر على الكائنات الحية من إنسان وحيوان ونبات وكائنات حية دقيقة ويعتمد تأثير الإشعاعات على الكائنات الحية على نوعية الكائن الحي ودرجة الإشعاع والفترة الزمنية التي يتعرض إليها الكائن الحي. وعموماً تتأثر الكائنات الحية بالإشعاعات في مرحلة الطفولة أكثر من تأثرها في المراحل الأخرى نظراً لنشاط الخلايا الكبير أثناء مرحلة الطفولة. ويكون تأثير الإشعاعات الطبيعية أو الصناعية على الكائنات الحية بنفس الطريقة.

تكمن خطورة الإشعاعات في أنها تسبب إصابات وأمراضا كثيرة وجسمية للإنسان والحيوان ، وبخاصة الأمراض السرطانية وأمراض الدم والجلد والنخاع العظمي والجهاز الهضمي والجهاز العصبي والجهاز التنفسي بالإضافة إلى الأمراض الوراثية والتشوهات الجنينية. فمن الإشعاعات تخرج إشعاعات جزئيات ذات طاقةعالية (إلكترونات ، بروتونات ، نويات ذرات الهليوم) بحيث تحدث تغير في ترتيب الأحماض الأمينية في المادة الوراثية والإنزيمية ينتج عنها أضرارا وراثية تنتقل إلى الأجيال القادمة أو أضرارا جسدية تؤثر فقط على الكائن الحي المصاب وتتراوح الفترة الزمنية ما بين تعرض الكائنات الحية للإشعاعات وحدوث الأضرار من عدة ساعات إلى عشرات السنين.

وحينما تفاقمت مشكلة التلوث الإشعاعي ، تزايد إهتمام العلماء من مختلف دول العالم بالدراسات والأبحاث التي تختص بصفات المواد المشعة وكيفية إنتقالها إلى جسم الإنسان ، بالإضافة إلى دراسة أثرها الضار على الكائنات الحية ووسائل الوقاية من هذا الضرر.

ومن أهم الدراسات التي أوليت عناية فائقة دراسة الصفات الطبيعية والكيميائية للنظائر المشعة ، وكيفية تلوث الغذاء والماء والهواء بها ، بالإضافة إلى دراسة تأثير الإشعاع الذري في الخلية وعلاقته بالأمراض وتأثيره في الصفات الوراثية. وهناك دراسات أخرى تعني بالأسس البيولوجية للوقاية من أخطار الإشعاع ، ودراسات تختص بتنظيم قواعد ووسائل نقل المواد المشعة. ولقد إهتمت العديد من الدول بدراسة وسائل التخلص من نفايات المواد المشعة ، بالإضافة إلى مراقبة التلوث الإشعاعي في الإنسان ، وذلك بحساب نسب الإشعاع في أجسام الأفراد الذين يتعرضون للتلوث ، وبخاصة الأفراد العاملين في المجالات الطبية والبيولوجية ، وعمال المفاعلات الذرية التعدين والمناجم والصناعات التي تدخل فيها المواد المشعة.

ويقاس تلوث البيئة بصفة عامة بالمواد المشعة باستخدام أجهزة مختلفة تبعا للغرض ونوع الأشعة الملوثة المراد قياسها. ومن الأجهزة المستخدمة عداد ألفا وعداد بيتا وعداد جاما. كما يستخدم عداد جايجر للإستدلال على المواد المشعة عن طريق عد الجسيمات النووية دون قياس طاقتها. ويستخدم الجسم كله عادة للكشف عن أشعة جاما بينما يستخدم البول للكشف عن أشعة ألفا وأشعة بيتا عند التلوث بمواد مشعة قابلة للذوبان. ويستخدم المواد البرازية للكشف عن التلوث بمواد مشعة غير قابلة للذوبان. كما يمكن إستخدام المخاط والزفير للكشف عن إستنشاق هواء ملوث بالراديوم.

ويعتبر الإنشطار النووى وإنشاء أول مفاعل نووي في عام 1942 هما البداية الحقيقية لتلوث البيئة بالإشعاعات النووية ، ولقد إزداد حجم هذا التلوث على اثر إنتاج الأسلحة الذرية ، وذلك في نهاية الحرب العالمية الثانية ، وما أعقبها من حروب وإنفجارات نووية ، حيث شهد العالم في الفترة ما بين 1945 إلى عام 1963 نطاقاً واسعاً من تجارب الإنفجارات الذرية، ولعل إنفجار قنبلة هيروشيما ونجازاكي وما خلفه من غبار ذري قد أدى إلى تلوث البيئة بالإشعاع وسبب الكثير من الأمراض والتشوهات والكوارث.

وكما ذكرنا سابقا أن خطورة الإشعاعات تكمن في أنهـا تسـبب إصـابات وأمراضا كثيرة وجسمية للإنسان والحيـوان، وبخاصـة الأمـراض السـرطانية وأمراض الدم والجلد والنخاع العظمي والجهاز الهضمي والجهاز العصبي والجهاز التنفسي بالإضافة إلى الأمراض الوراثية والتشوهات الجنينية. وعنـدما تفاقمـت مشكلة التلوث الإشعاعي ، تزايد إهتمام العلماء من مختلف دول العالم بالدراسـات والأبحاث التي تختص بصفات المواد المشعة وكيفية إنتقالها إلى جسـم الإنسـان، بالإضافة إلى دراسة أثرها الضار على الكائنات الحية ووسائل الوقاية مـن هـذا الضرر.

١- تأثير الإشعاع على الإنسان

سوف نناقش فيما يلي بالتفصيل أثر الإشعاعات النووية على جسم الإنسـان. إن تلوث الهواء بالإشعاعات الذرية له آثار بالغة على صحة الإنسان. فلها تـأثير مسرطن ومسببة للتشوة والطفرات وتلف أنسجة المخ والكلى. فعندما تصـل هـذة الأشعة إلى جسم الكائن الحى فإنها تحدث تأثير فى بعض جزيئات الخلايا مسـببة تغييرات فى تركيب ووظيفة الخلية حتى إتلافها. وقد أثبتـت التجـارب علـى أن الإشعاعات النووية تسبب سرطان الدم والعظام والرئة والغدة الدرقية وتلف أنسجة الجلد والكبد والطحال والغدة الدرقية والتخلف العقلى.

كما أن هذة الإشعاعات تشوة الأجنة بسبب تأثيرها على خلايا التناسل وتظهر تأثيراتها فى الأجيال المتعاقبة مثل ضحايا مدينة هيروشيما اليابانية حيث مازالـت الأجيال المتعاقبة فى هذة المدينة تحمل تشوهات بين المواليد .

فعندما يتعرض أي إنسان إلى الإشعاعات النووية يحدث تأينا للذرات المكونة لجزيئات الجسم البشري مما يؤدى إلى دمار هذه الأنسجة مهدده حيـاة الإنسـان بالخطر. إن التأثيرات المبكرة للإشعاع هي التأثيرات التي تحدث بعد عدة ساعات وحتى عدة أسابيع من التعرض الحاد لجرعة كبيرة من الإشعاع لعدة سـاعات أو أقل. هذه التأثيرات تشمل الغثيان والإجهاد وارتفاع درجة الحرارة وتغيرات دموية ومنها همود أو إجتثاث نخاع العظم وتأثيرات معوية مثل تقشر الخلايـا المبطنـة

للأمعاء والتأثير ربما يكون الموت خلال شهر أو شهرين بعد التعرض الحاد للإشعاع. وتعتمد درجة الخطورة الناتجة من هذه الإشعاعات على عدة عوامل منها نوعها وكمية الطاقة الناتجة منها وزمن التعرض. ولهذه الإشعاعات نوعان من الآثار البيولوجية. الأثر الأول هو الأثر الجسدي ويظهر غالباً على الإنسان حيث يصاب ببعض الأمراض الخطيرة مثل سرطان الجلد والدم وإصابة العيون بالمياه البيضاء ونقص القدرة على الإخصاب. والأثر الثاني للإشعاعات هو الأثر الوراثي وتظهر آثاره على الأجيال المتعاقبة. ويظهر ذلك بوضوح على اليابانيين بعد إلقاء القنبلتين النووية على هيروشيما ونجازاكي في سبتمبر 1945 مما أدى إلى وفاة الآلاف من السكان وإصابتهم بحروق وتشوهات وإصابة أحفادهم بالأمراض الخطيرة القاتلة.

ولقد إتضحت خطورة الإشعاعات الذرية بعد عام 1940 حينما إكتشف الباحثون والأطباء العلاقة بين تعرض النساء الحوامل للأشعه السينية X - rays وحدوث تشوهات للأجنه. يتوقف تأثير الإشعاع على الأجنة البشرية على مرحلة النمو، فإذا تعرضت البويضة الملقحة أثناء الأسابيع الأولى للإشعاع يتم انفصالها عن الرحم ويحدث الإجهاض. وإذا كان عمر الجنين حوالي ثلاثة أشهر فإنه يتعرض لتشوهات جسدية خصوصا في الجهاز العصبي والعيون.أما في الفترات التي تلي الشهور الثلاثة الأولى فإن الجنين يتعرض إلى تشويه اليدين والأرجل وبالتخلف العقلي. وتتأثر الأجنة حتى ولو بتركيزات بسيطة من الإشعاعات. ولذا يجب مراعاة عدم تعرض المرأة الحامل للأشعة السينية كوسيلة للتشخيص حتى لا تصيب الطفل بهذه المخاطر. وكما ذكرنا سابقا أن الحد الأقصى المأمون للإشعاعات النووية الذي يجب إلا يتجاوزه الإنسان هو (5 ريم) في اليوم الواحد. والريم وحدة قياس الإشعاع الممتص وهى تعادل رونتجن Roentgen واحد من الأشعة السينية.

ويتعرض الإنسان إلى الكثير من مصادر الإشعاع في الحياة اليومية. ولا ننسى في هذا الصدد تعرض الإنسان للأشعة الكونية الصادرة من الفضاء الخارجي

وتعرضه للإشعاعات الضارة خلال تعامله مع النظائر المشعة سواء في مجالات الطب والصناعة و الزراعة وتعرض العاملين في المفاعلات النووية والعاملين في المناجم التي يستخرج منها العناصر المشعة مثل الراديوم واليورانيوم.

ومن العوامل الرئيسية المسببة للتلوث النووي ما يحدث في دول النادي النووي من إجراء التجارب وخاصة بعد الحرب العالمية الأخيرة بهدف تطوير الأسلحة الذرية لزيادة القوة التدميرية لها. وقد أدت هذه التجارب إلى إنتشار كميات كبيرة من الغبار الذري المشع في مناطق إجراء التجارب. وتحمل الرياح هذا الغبار المشع إلى طبقات الجو العليا والذي يحتوى على بعض النظائر المشعة مثل السيزيوم 137 والاسترونسيوم 90 والكربون 14 واليود 131 وغيرها من النظائر والتي يستمر نشاطها الإشعاعي فترة طويلة من الزمن ليتساقط فوق كثير من المناطق البعيدة عن موقع التجارب حيث تلوث الهواء والماء والغذاء وتتخلل دورة السلسلة الغذائية حيث تنتقل إلى الحشرات والنباتات والطيور والحيوانات وأخيراً تصل إلى الإنسان. وأغلب النظائر المشعة يستمر النشاط الإشعاعي لها فترة طويلة من الزمن الأمر الذي يضاعف من إضرار التلوث على كافة عناصر البيئة.

ينشأ تفاعل الأشعة المؤينه مع الجسم البشري عن مصدرين إما من مصدر خارجي عن الجسم وإما عن تلوث داخلي بالمواد المشعة وكلاهما يقود إلى تأثيرات إحيائية (بيولوجية) قد تظهر فيما بعد كأعراض مرضية. وتعتمد طبيعة وشدة هذه الأعراض والمدة التي تظهر فيها على مقدار الجرعة المتعرض لها وعلى الفترة الزمنية لهذا التعرض. هذه الأعراض يمكن تقسيمها إلى قسمين أحدهما التأثيرات الجسدية وهنا تظهر الأعراض على نفس جسم الشخص المتعرض للإشعاع والآخر هو التأثيرات الوراثية وهي التي تظهر على ذرية الشخص المتعرض للإشعاع.

إن الفرق الأساسي بين الإشعاعات النووية وبقية الإشعاعات العادية التي نواجهها مثل الحرارة والضوء هو أن الإشعاعات النووية لديها الطاقة الكافية لإحداث تأين. ففي الماء الذي تتكون منه معظم الخلية يمكن أن يقود التأين إلى تغيرات جزيئيه تنبثق عنها فصائل كيميائية من أنواع مختلفة لمادة الكروموسومات

ويأخذ هذا التلف شكل تغيرات في تركيب ونشاط الخلية. ويمكن أن تظهر هذه التغيرات في الجسم البشري كآثار مرضية مثل غثيان الإشعاع أو إعتام عدسة العين أو السرطان على المدى البعيد.

إن الإشعاع يُحدث تأيّننا في المادة التي يمر فيها ، وأن هذا التأيين يؤدي إلى الأضرار بتلك المادة. وإذا كانت تلك المادة خلية أو نسيجا حياً ، فإن هذا الضرر يؤدي إلى تعطيل وظائف تلك الخلية أو ذلك النسيج أو إرباك وتعديل تلك الوظائف وبذلك يؤثر في النظام ككل والذي يظهر كحالة مرضية في الجسم.

يتفاعل الإشعاع مع الخلية الحية بطريقتين الأولى مباشرة والأخرى غير مباشرة. فالتفاعل المباشر يتم بعد إمتصاص الذرات المكونة للخلية أو للأنسجة الحية لطاقة الإشعاع فتتأين، مما يؤدي إلى تحلل الجزيئات التي تدخل هذه الذرات في تركيبها. ومن هنا يبدأ الخطر الذي يمكن أن يجتاح الخلية الحية.

أما في الطريقة غير المباشرة فإن الإشعاعات لا ينتقل أثرها مباشرة إلى الخلية الحية من خلال تأيين ذرات الخلية وإنما تأيين جزيئات الماء الذي يشكل المادة الأكثر وفرة في النسيج الحي مما يؤدي إلى تكوين عدد من الأيونات شديدة التفاعل تسمى الجذور الحرة. تقوم هذه الجذور الحرة بتكوين مركبات سامة. وقد أوضحت البحوث التجريبية على الأحياء الدقيقة أن أثر هذه الطريقة في الإضرار بالخلية الحية يفوق أثر الطريقة المباشرة عدة أضعاف، حيث تقوم المركبات الكيماوية السامة مثل بيروكسيد الهيدروجين بإلحاق الأذى بمكونات الخلية والجزيئات الهامة في أنسجة الكائن الحي مثل الكروموسومات.

إن الخلية هي الوحدة البنائية الأساسية في جسم الكائن الحي ، وبالتالي فإن أثر الإشعاع في جسم الكائن الحي هو نتاج الضرر الذي يصيب الخلايا من الإشعاع. وتتلخص آثار الإشعاع في الخلية من الناحية النظرية إما بموت الخلية ، أو تأخير إنقسامها ، أو زيادة معدل السرعة في إنقسامها أو إحداث الطفرات الجينية أو تكسر الكروموسومات. علما إن الخلايا تختلف في إستجابتها للأثر

الإشعاعي ، فخلايا كريات الدم البيضاء تكون حساسة جدا للإشعاع بينما خلايا العضلات والأعصاب تكون مقاومتها عالية للإشعاع وتحتاج إلى جرعة عالية من الاشعاع حتى تموت. مع التذكير هنا بأن جرعة بهذا المقدار لا تكون إلا في تفجير نووي أو حادث إشعاعي خطير وفي حالة التفجير النووي فان الشخص المتعرض لهذه الجرعة يموت بسبب الحرارة الناتجة من التفجير قبل إن يقتل من الإشعاع .

إن التأثير الإشعاعي في الخلايا والأنسجة الحية وعلى جسم الإنسان بشكل عام يعتمد كثيرا على الخلية ذاتها فالخلايا سريعة الإنقسام يكون تأثرها أكثر من الخلايا بطيئة الإنقسام. ويعتمد التأثير الإشعاعي على عمر الشخص المتعرض للإشعاع. وبشكل عام فكلما كان الشخص المتعرض أكثر شبابا وحيوية كلما كان التأثير أقل. وعندما تكون الجرعة لجزء محدد من الجسم فإن تأثيرها يكون فقط في ذلك العضو والمناطق القريبة منه والجلد الذي يغطيه وتبقى بقية أجهزة الجسم تقوم بأداء دورها بشكل فعال مما يساهم في سرعة الشفاء. أما إذا كانت الجرعة لكامل أو لأغلب الجسم فإن تأثيرها يكون في كافة الأعضاء مما يسبب قصور الجسم في مواجهة الأمراض الداخلية أو الأخطار الخارجية. إن الجرعات التي تحدثنا عن آثارها هنا لا يمكن أن يتعرض لها إلا شخص يعمل في مكان تستخدم فيه المواد المشعة بشكل واسع كمنشآت العلاج أو التشعيع. وأن تعرض هؤلاء لجرعات قد تؤدي إلى أعراض مرضية يمكن كشفها وتكون نتيجة إهمال كبير أو أخطاء فادحة حيث إن إجراءات السلامة الذاتية في مثل هذه المنشآت تعتبر الأفضل على مستوى كافة أنواع العمل المهني. كما يمكن إن تكون هذه الجرعات نتيجة حرب نووية حيث أن الشخص المتعرض لهذه الجرعات يموت من التأثير الحراري الناتج عن التفجير قبل إن تبدأ الأعراض الإشعاعية الحيوية بالتكوُّن في جسمه. أما حوادث مثل إنفجار المفاعلات أو التسريبات العادية من المفاعلات فلا تصل إلى أجزاء بسيطة من 1 ملي سيفرت. وكذلك الحال في التصوير الإشعاعي أو التشخيص الإشعاعي باستخدام المواد المشعة. ومن المفيد الإشارة هنا إلى أن الجسم يقوم بإعادة بناء مستمرة لخلاياه وأنسجته سواء في المواضع العادية أو عند الإصابة

بمرض أو ما شابه. فإذا أصيب أي جزء من الجسم فإن إعادة البناء أو الترميم في الجسم تتم يشكل فعال وبأسرع ما يمكن، ضمن مقدرة الجسم ، سواء أكـان هـذا المرض بمسبب بيولوجي كالفيروسات والبكتيريا أو بمسبب كيمـاوي كالسـموم والملوثات الكيماوية أو ميكانيكي كالجروح أو إشعاعي. ولولا هذه الخاصية التـي أعطاها الخالق العظيم لأجسامنا لمات الفرد منا إذا ما شاكته شوكة أو أقـل مـن ذلك. لقد أصبح مؤكدا إن تعريض الخلايا لجرعات قليلة مـن الإشـعاع وبشـكل مستمر (وهذا هو الحال لدى القاطنين في مناطق تتميز بارتفاع مستوى الإشـعاع فيها) يتطلب جرعة إجمالية أكبر لقتل الخلية مما لو أعطيت الجرعة للخلية دفعـة واحدة وذلك لمقدرة الخلية على إصلاح الأضرار البسيطة التي تسببها الجرعـات الصغيرة. كما أن هناك بعض الآثار التراكمية التي لا يمكن إصلاحها وتتراكم مع مرور الزمن. إن الآثار الإشعاعية على أنسجة وأعضاء جسم الإنسان التي يمكـن الإحساس بها أو ملاحظتها تنقسم إلى قسمين ، فالأول هو الآثار المبكـرة والتـي تظهر بعد إمتصاص الجرعة الإشعاعية من عدة ساعات إلى عدة أيـام، أمـا مـا يظهر بعد ذلك فهو من الآثار المتأخرة والتي قد يظهر أثرها بعد ما يزيـد علـى عشرين سنة من أخذ الجرعة الإشعاعية. ومن الجدير بالذكر هنـا أن المعلومـات الحقيقية في هذا المجال قليلة ولكن المعلومات التي ستذكر هنا هي معلومات بحثية لتجارب أجريت على الحيوانات ثم إفترض الباحثون أن آثارا مشـابهة يمكـن أن تصيب الإنسان ، مع ضرورة الإنتباه إلى القيم الكبيرة من الجرعـات الإشـعاعية الممتصة من قبل الجسم.

هذه التأثيرات غالباً ما تسبب في موت الخلية أو منع وتأخر إنقسام الخلية أو إحداث تغير دائم والذي بدوره ينقل إلى الخلايا الوليدة. هذه التأثيرات تتسبب فـي إحداث تأثيرات جسدية أو وراثية والفرق بينها أن التأثيرات الجسدية تـؤثر علـى الشخص نفسه وأما التأثيرات الوراثية فتنتقل إلى الأجيال القادمة. وسوف نناقش التأثيرات الوراثية التى يسببها التلوث بالإشعاع فى الباب السادس.

وفيما يلي سوف نلقى ببعض الضوء على بعض التأثيرات الضارة للإشعاع على الإنسان.

أ- السرطان

لقد أصبح جلياً منذ أوائل القرن التاسع عشر أن مجاميع من الناس مثل العاملين بأقسام الأشعة بالمستشفيات ومرضاهم الذين تعرضوا لمستويات عالية من الإشعاع قد ظهرت فيهم أنواع من السرطان بنسب أعلى مما هو الحال عند المجاميع التي لم تتعرض للإشعاع. وفي دراسة تفصيلية حديثة جداً لسكان تعرضوا للإشعاع الناتج من القنابل الذرية ولمرضى عرضوا للعلاج الإشعاعي ولمجاميع تعرضوا للإشعاع أثناء عملهم وبخاصة عمال المناجم ظهرت فيهم أثر الإشعاع على إحداث السرطان.

إن السرطان هو تكاثر مفرط للخلايا في أحد أعضاء الجسم ويظن أنه يحدث نتيجة تلف جهاز التحكم في خلية فردية فيؤدي بها إلي الإنقسام بسرعة أكثر من إنقسام الخلية الصحيحة. ثم ينتقل هذا الخلل إلى الخلية الوليدة وبهذا يزداد تعداد الخلايا الشاذة إلى حد يؤذي الخلايا الصحيحة في نسيج العضو. إن تقدير زيادة خطر حدوث السرطان بسبب الإشعاع عملية معقدة نتيجة لطول فترة الكمون وهي الفترة المحصورة ما بين زمن التعرض للإشعاع وحتى ظهور السرطان والتي تتغير ما بين حوالي 5 إلى 30 سنة أو أكثر. ولأنه لا يمكن عادة تمييز السرطان المسبب بالإشعاع عن السرطان الذي يحدث فجأة غير أنه في المستويات العالية نسبياً من التعرض يمكن عمل تقديرات تقريبية. ويعتبر السرطان من التأثيرات المتأخرة للإشعاع إضافة إلى إعتام عدسة العين.

ظهر هذا التلوث مع بداية إستخدام الذرة في مجالات الحياة المختلفة وخاصة في المجالين العسكري والصناعي. ولعلنا جميعاً ما زلنا نذكر الضجة الهائلة التي حدثت بسبب حدث عند إنفجار القنبلتين الذريتين على ناجازاكي وهيروشيما باليابان إبان الحرب العالمية الثانية. فما تزال آثار التلوث قائمة إلى اليوم وما زالت صورة

المشوهين والمصابين عالقة بالأذهان. وقد ظهرت بعد ذلك أنـواع وأنـواع مـن الملوثات فمثلاً العنصر المشع الأسترنسيوم 90 الذي ينتج عن الإنفجارات النووية يتواجد في كل مكان تقريباً وتتزايد كميته مع الإزدياد في إجراء التجارب النوويـة وهو يتساقط على الأشجار والمراعي فينتقل إلى الأغنام والماشـية ومنهـا إلـى الإنسان وهو يؤثر في إنتاجية اللبن من الأبقار والمواشي ويتلف العظـام ويسـبب العديد من الأمراض. وخطورة التفجيرات النووية تكمن في الغبار الـذري الـذي ينبعث من مواقع التفجير الذري حيث يتساقط بفعل الجاذبية الأرضية أو بواسـطة الأمطار فيلوث كل شيء ويتلف كل شيء.

ب- الحـــمى

يؤدي التعرض إلى جرعة عالية من الإشعاع إلى ظهور الحمى في وقـت مبكر أو الجرع القليلة فتظهر أعراض الحمى بعد بضع أيام من التعرض.

جـ - تساقط الشعر

خلال 17-21 يوم من التعرض لجرعة تزيد عن 2 سفرت ويعود الشـعر إلى النمو بعد بضعة أشهر لكنه قد يختلف لونه عن الشعر الأصـلي. أمـا عنـد التعرض لجرعة تزيد عن 7 سفرت يؤدي إلى تساقط الشعر نهائياً دون أن يعـود للنمو.

د- إعتام عدسة العين

من بين الآثار المتأخرة الناتجة عن الإشعاعات هو عتمة عدسة العين وهو المرض المعروف باسم الكتراكت وتوجد قيمة معينة للجرعة الكافية التي يحـدث بعدها هذا المرض هي حوالي 15 مل سيفرت لذا يجب أن لا تزيد الجرعـة عـن التي تتعرض لها العين طول حياتها عن هذه القيم حتى لا تتعرض لهذا المرض.

هـ - التأثير على الجلد

إن الجلد هو أكثر الأعضاء تعرضا للإشعاع، ففي الحوادث النووية أو أثناء العلاج الإشعاعي الخارجي فإن الجلد يستلم جرعة إشعاعية كبيرة، ويظهر أثرهـا

على شكل إحمرار كما الاحمرار الذي يظهر نتيجة التعرض لأشعة الشمس لفترة طويلة، كما أنه قد يتطور إلى درجات الحرق الأربعة المعروفة طبيا. ففي الدرجة الأولى ، عند جرعة إشعاعية 3000 ملي سيفرت تقريبا ، يمكن أن يظهر إحمرار خفيف ويتساقط الشعر عن المنطقة المشعّعة. ولكن هذا الأثر سرعان ما ينتهي ويعود الشعر إلى الظهور بعد شهرين تقريبا. وفي الدرجة الثانية ، وعند جرعة إشعاعية أكبر، يلتهب الجلد ويصبح لونه أحمرا ، وبعد فترة يشفى الجلد ولكن يبقى لون الجلد أسود داكن لفترة غير قصيرة. أما في حرق الدرجة الثالثة فيكون الإلتهاب أشد أثرا ويشبه الحرق الناتج من إنسكاب ماء مغلي على الجلد مسببا بعض التقرحات التي تشفى خلال أسابيع ويبقى أثرها كأثر الحرق العادي. أما حرق الدرجة الرابعة فتكون منطقة الإلتهاب سوداء قاتمة. إن العلاج الذي يمكن تقديمه للمصاب لا يتجاوز المضادات الحيوية والأدوية المساعدة على تجنب المضاعفات. وبعد التعرض للإشعاع يكون من غير الممكن تقديم أي مساعدة لتجنب المضاعفات. فالتفاعل يبدأ بتأيين مكونات الخلية وتكوين المركبات الكيماوية السامة والمضاعفات الحيوية في الخلايا والأنسجة ولا يمكن التدخل مطلقا في هذه المراحل جميعا. والعلاج يكون فقط في تخفيف الآثار وتحفيز المناعة ومقاومة المضاعفات التي قد تسببها مكونات البيئة المحيطة كالبكتيريا. كما قد يؤدي الإشعاع إلى إحمرار البشرة وذلك عند ملامستها للإشعاعات المنبعثة عن المصادر فترة طويلة من الزمن. تظهر هذه الأعراض كذلك عند التعرض لفترة قصيرة من الزمن إلى جرعة بين 2 – 3 سفرت أو أعلى.

و- التأثير على الدم

إن تعرض الجسم لجرعة إشعاعية كبيرة يؤدي إلى نقص مؤقت في عدد كريات الدم ، حيث يكون النقص أشد في عدد الخلايا البيضاء عنه في الخلايا الحمراء. وإنخفاض عدد الكريات البيضاء يجعل الجسم ضعيف المقاومة للأمراض. بينما نقص الكريات الحمراء يسبب نقصا في إمدادات الغذاء والأوكسجين لأنسجة الجسم المختلفة مما يسبب إصابة الشخص المتعرض بفقر الدم

وبالتالى يؤدى إلى أضعاف الجسم بشكل عام. ويمكن أن تظهر هذه الأعراض عند جرعة أكبر من 2000 ملي سيفرت.

إن تعرض الجسم لجرعة إشعاعية كبيرة ، حوالي 10000 ملي سيفرت ، فإن الشخص المتعرض يشعر فجأة بدوار وتقيئ وإعياء شديد. ويمكن إن تؤدي الجرعة إلى تلف الجدار المبطن للأمعاء مما يسبب الإسهال ويؤدى ذلك إلى فقدان الجسم للسوائل ويتدهور وزن المريض مما قد يؤدى إلى وفاته. كما إن جرعة مقدارها 20000 ملي سيفرت قد تؤدى إلى الإضرار بالجهاز العصبي المركزي ، حيث يمكن أن تؤدى إلى الإغماء الذي قد يؤدى إلى الوفاة بسبب ما يعرف بموت الجهاز العصبي المركزي.

ز- إنخفاض متوسط العمر

أكدت التجارب أن متوسط العمر ينخفض قليلاً بالتعرض للإشعاعات. ولقد أظهرت الإحصائيات التي تم إجرائها على مجموعات بشرية تعرضت لجرعات عالية أن جرعة مكافئة مقدارها سيفرت واحد تؤدى إلى قصر عمر الإنسان بما لا يزيد عن سنة واحدة.

٢- التلوث الإشعاعي للغذاء ومخاطره الصحية

أدى تطور إستخدامات التكنولوجيا النووية العسكرية والمدنية ، والتزايد المطرد في تطبيقات النظائر المشعة إلى ظهور أمراض خطيرة ، مثل الأورام السرطانية وتلف أجهزة المناعة وتشوهات الأجنة والعقم وغيرها من الأمراض التي تنتج عن إنتقال الإشعاعات إلى الإنسان بطرق مختلفة. على رأس هذه الطرق الغذاء الملوث بهذه الإشعاعات ، في حالات تساقط الغبار الذري على النباتات والتربة الزراعية أو نتيجة لتلوث الهواء والماء بمخلفات التجارب أو النشاطات النووية أو الذرية. هذا الأمر يتطلب بكل جدية إهتمام الجهات المعنية بمعرفة أساليب تقدير العناصر المشعة وقياس النشاط الإشعاعي في الأغذية الصلبة والسائلة ، وسبل الحد من تلوث الأغذية بالمواد المشعة.

ومشكلة تقدير مدى تلوث الأغذية بالمواد المشعة ترجع إلى تباين الخصائص الفيزيائية للمواد والنظائر المشعة المختلفة، حيث تتفاوت المواد المشعة من حيث درجة تركيزها، وتأثيراتها داخل جسم الإنسان. كما تختلف وفقاً للفترة التي تستغرقها لفقد إشعاعيتا. ويطلق علمياً على هذه الفترة التي تستغرقها حتى تفقد إشعاعيتا إسم (نصف العمر) إشارة إلى إنخفاض التأثير الإشعاعي إلى النصف. وكلما زاد نصف العمر للعناصر المشعة كلما زاد خطرها.

وبعض العناصر المشعة، مثل السيزيوم لا تختفي من الجو إلا بعد 300 سنة. في حين تختفي مادة أخرى مشعة مثل اليودين في فترة زمنية تقل عن ثلاثة أشهر. وتتراوح مدة نصف الحياة للنظائر المشعة من أجزاء الثانية إلى ملايين السنين.

كذلك، فإن تعدد المصطلحات والوحدات المستخدمة لوصف وقياس الإشعاع في الأغذية يزيد من صعوبة وتعقد عملية مراقبة مستوى الإشعاع ، ومنها الريم Rem، وهو وحدة قياس مدى التلف البيولوجي الناتج عن التعرض للإشعاع. إضافة إلى وحدات قياس أخرى، مثل الرونتنجن Rontgen ، والتي تقيس مدى التأين الناتج عن مرور الأشعة خلال وسط ما. وهناك أيضاً الراد Rad ، وهو يقيس الجرعة الممتصة من الإشعاع.

٣- تأثير الإشعاع على النباتات

تلعب الفترة التي تسقط خلالها المواد المشعة على الأغذية دوراً هاماً في زيادة تأثيرها. ففي حال سقوط المواد المشعة في فترة حصاد المحاصيل فإن ضررها يكون أشد ، حيث يؤدي ذلك إلى ترسب المواد المشعة على سطح النباتات فتمتصها الأوراق أو الجذور فيما بعد. وعندما يكون التلوث سطحياً فإن النباتات الخضراء العريضة الأوراق تكون أشد خطراً على الإنسان كالخس والسبانخ والفاكهة التي لاتنزع قشرتها عند أكلها كالعنب والمشمش.

وينتقل التلوث الإشعاعي من المزروعات إلى الإنسان مباشرة عن طريق الغذاء أو عبر وسيط مثل الحيوانات التي تتغذى على النباتات فتترسب المواد

الإشعاعية في أجسامها ثم تنتقل للإنسان عن طريق تناول لحومها أو ألبانها. ويعد تلوث المواد الغذائية بالإشعاع عن طريق المياه والتربة أقل خطورة من تلوث النباتات مباشرة بالغبار الذري. وقد تتلوث الحيوانات والأسماك بالإشعاع إذا كانت كمية المياه قليلة ومحدودة. في حين يقل خطر التلوث في البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات الكبيرة.

وفي حال تلوث التربة بالغبار الذرى فإنها تحمي على المدى القصير المحاصيل الدرنية كالبطاطس والفجل والجزر والبصل من التلوث الفوري. وإذا كان نصف العمر للمادة المشعة قصيراً فإنها تختفي قبل وصولها إلى شبكة الجذور أو المياه الجوفية. وتختلف درجة تلوث السلسلة الغذائية من خلال شبكة الجذور والمياه الجوفية حسب نوعية الغبار الذري. فمادة مثل السيزيوم تلتصق بالتربة كيميائياً. وإذا بقيت المواد المشعة في التربة فإن المحاصيل اللاحقة ستتلوث بدرجة كبيرة.

وعندما يتناول الإنسان غذاءً ملوثاً بالإشعاع فإن بعض الخلايا تكون أكثر تأثراً مثل خلايا الجلد والجهاز الهضمي والدم. ويعد الدم أكثر هذه الأجهزة حساسية للأشعة. وعند التعرض لجرعة 300 راد من الأشعة، فإنه يحدث إنخفاض سريع لمكونات الدم، وتبدأ الخلايا اللمفاوية في الإختفاء ، وربما تختفي تماماً خلال يومين، كما ينخفض عدد الصفائح الدموية بصورة كبيرة. ومن الممكن أن يتعرض الإنسان للموت جراء حدوث نزيف شديد. وإذا زادت الجرعة التي تعرض إليها الجسم إلى 1000 راد فإن إمكانية إصابة الجهاز الهضمي بتلف الغلاف البروتيني المغلف له تتزايد بصورة كبيرة.

أما الجلد ، فإن له قدرة أكبر على مقاومة الإشعاعات من الدم والجهاز الهضمي. ولكن إذا تعرض لجرعة كبيرة جداً من أشعة بيتا الخارجية أو الأشعة السينية المنخفضة جداً فإن الجسم يصبح غير قادر على تجديد خلايا الجلد فتصبح

أدمة الجلد رقيقة ويحدث تقرحات في الجلد ويفقد الجسم كمية كبيرة من السوائل، قد يترتب عليها وفاة الشخص المصاب فوراً.

كما يتسبب تناول الأغذية الملوثة إشعاعياً في أضرار كبيرة للجهاز التناسلي عند الرجل على وجه الخصوص. وفي حال تعرض الخصيتين لجرعة من الأشعة تبلغ 600 راد فإن هذا يسبب عقماً دائماً عند غالبية الذكور. أما إذا كانت فترة التعرض للإشعاع قليلة فإن ذلك قد يؤدي إلى عقم مؤقت ، وتتباين فترة العقم وفقاً لجرعة الأشعة التي يمتصها الجسم.

أما الجهاز التناسلي للمرأة فهو أكثر مقاومة للإشعاع إذ يلزم لحدوث العقم عند المرأة تعرضها لجرعة تبلغ نحو 3000 راد من الأشعة. تتناقص هذه الجرعة مع تقدم العمر عند المرأة لتصل إلى 625 راد. ويعود سبب مقاومة الجهاز التناسلي للمرأة للإشعاع نسبياً إلى عدم وجود إنقسام مشابه للخلايا كما هو عند الرجل.

وتتزايد مخاطر الأغذية الملوثة إشعاعياً بالنسبة للأطفال وكبار السن ، وكذا الأجنة التي يحدث لها تشوه إذا ما تعرضت للإشعاع ولو بجرعات بسيطة. ويعود سبب حساسية الأجنة للملوثات إلى الإنقسام السريع الذي تشهده خلايا الجنين قبل عملية الولادة وأثناء الحمل. وتكون حساسية الجنين للإشعاع على أشدها في الثلث الأول من الحمل ففي هذه الفترة تتم عملية تكوين الأعضاء وبعد هذه الفترة تؤثر الأشعة في الجهاز العصبي. وبعد الثلث الأول من الحمل يؤدي الإشعاع إلى صغر حجم الرأس وحدوث تخلف عقلي وتشويه الأيدي والأرجل عند المولود ، وخاصة إذا زادت الجرعات من الأشعة عن 25 راد. وقد دلت الدراسات على أن الأجنة الذين يتعرضون لراد واحد وهم في الثلث الأول من الحمل فتكون نسبة الإصابة بالسرطان نحو 5% وترتفع الإصابة إلى 1.5% في حال التعرض بعد ذلك لراد واحد.

كما تؤدي الأغذية الملوثة إشعاعياً إلى الإصابة بالعديد من الأورام السرطانية. وقد أثبتت الدراسات أن الأشعة تستطيع أن تسبب أنواع مختلفة من السرطانات في معظم أنسجة الجسم. وتختلف كمية الإشعاع من عضو لآخر بجسم الإنسان فمثلا تزداد كمية الإشعاعات الطبيعية في الرئة عنها في نخاع العظام. وتجدر الإشاره إلى أن رئات المدخنين تحتوي على قدر أكبر من المواد المشعة وذلك بالمقارنة برئات غير المدخنين. ويعتبر إرتفاع نسبة المواد المشعة في رئة المدخن من أهم أسباب الإصابه بسرطان الرئة .

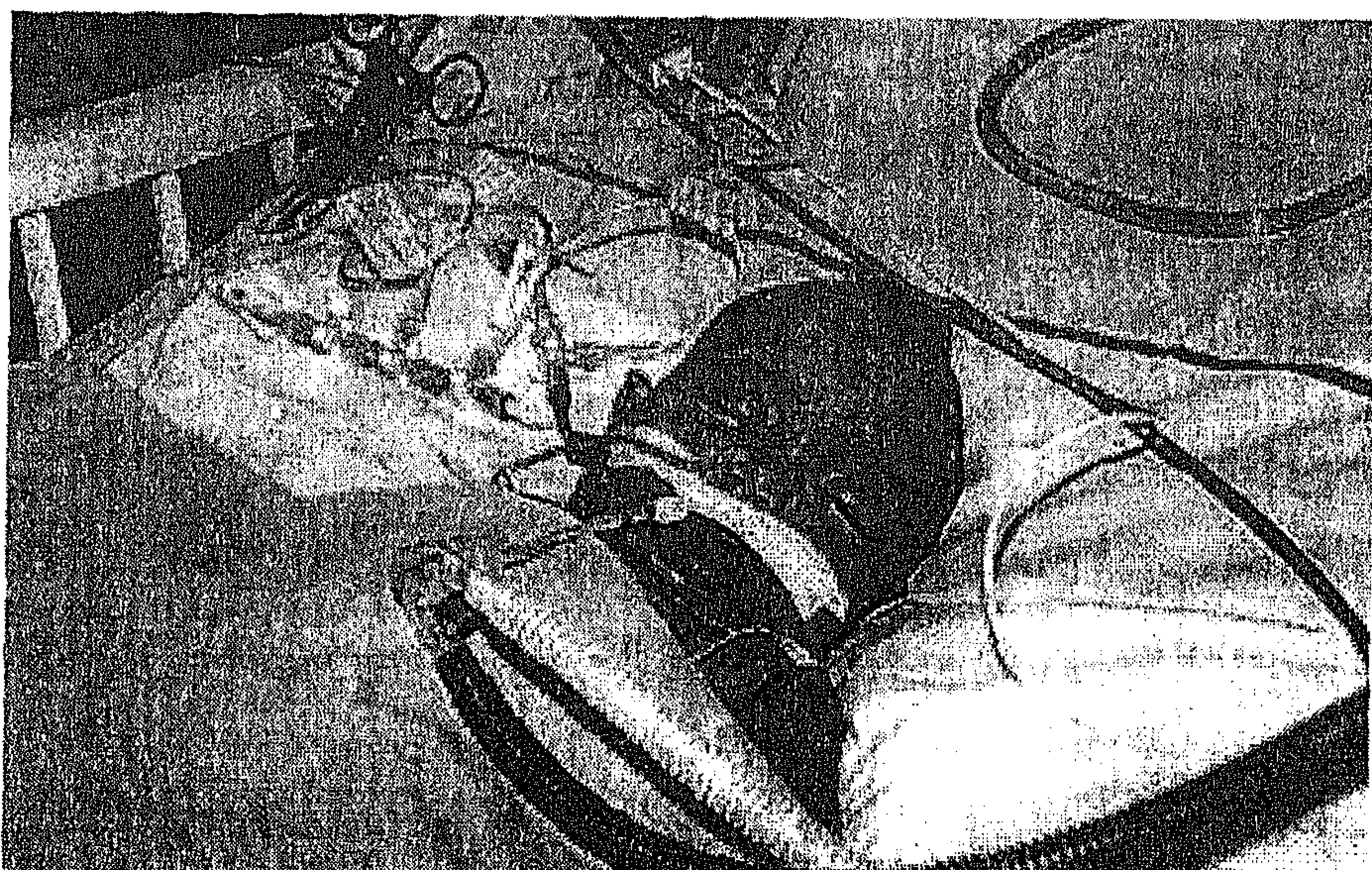
سادسا: أضرار التلوث البيئي على صحة الأطفال

لقد أصبحت مشكلة تلوث البيئة خطرا يهدد حياة الجنس البشرى و حياة كل الكائنات الحية من حيوانات ونباتات. لقد برزت هذه المشكلة نتيجة للتقدم التكنولوجي والصناعي والحضاري للإنسان. ويشمل تلوث البيئة كلا من البر والبحر وطبقة الهواء التي فوقها. فالمبيدات أفسدت أرضها ، والصناعات مزقت أوزانها والقطع الجائر للأشجار نحر غابتها ، وهدد حيواناتها ، والسكان لوثوا مياهها وتغيرات المناخ تهدد جوها. وفي مؤتمر باريس 2 الذي عقد في مطلع العام 2007 وإجتمع فيه أكثر من 500 عالم من مختلف أنحاء العالم خرجوا بنتائج أهمها أن الفساد البيئي والتلوث قد شمل البر والبحر والجو وحتى البشر والنبات والحيوان وأن الإنسان هو المسؤول عن هذا الإفساد. إن التلوث البيئى يتسبب في زيادة العيوب الخلقية فى كثير من مدن العالم.

لقد نقلت صحيفة "شاينا ديلي" الصينية عن نائبة رئيس اللجنة الخاصة بمحاربة التلوث جيانغ فان قولها خلال مؤتمر في العاصمة الصينية بيجينغ ، أن "عدد المواليد المصابين بعيوب خلقية فى الصين يشهد إرتفاعاً متزايداً في المناطق الريفية والمدنية الصينية على حدّ سواء. من ناحيتها قالت هو يالي ، وهي بروفيسور في مستشفى "درام تاور" التابع لجامعة نانجينغ ، أن التلوّث هو سبب 10% من حالات العيوب الخلقية لدى الأطفال الصينيين. وأضافت هو يالي ، أن

التلوّث الكيميائي كان المؤثر الأكبر على صحة الحوامل وأطفالهن في بعض المناطق.

أما مديرة وكالة تخطيط العائلة في مقاطعة شانكسي آن هوانكسياو فشدّدت على أن "مشكلة العيوب الخلقية مرتبطة بالتلوّث البيئي وخاصة في ثماني مناطق يكثر فيها الفحم". وربط الباحثون بين إرتفاع معدّلات الإصابة بالعيوب الخلقية وتلوّث الهواء في الصين ، فجاء في إحدى الدراسات أن تعرّض الحامل للهواء الملوّث يزيد من مخاطر إنجابها أطفالاً دون الوزن الطبيعي.



كما كشفت دراسة عن وجود علاقة بين التلوث البيئى وإرتفاع معدلات الإعاقات التكوينية للأجنة. وأوضحت الدراسة أن التلوث البيئى هو خلل حدث فى مكونات النسق البيئى ومخلفاتها المتباينة من نفايات ، وهو ما خلف إرتفاعًا ملحوظا فى الأمراض وإمتد ليحصد الأجنة فى أرحام الأمهات مسببا الإعاقات التكوينية للأجنة.

ويقصد بالإعاقات التكوينية للأجنة المشاكل التى يتعرض لها الجنين أثناء الحمل وتسهم فى ميلاده بخلل ما فى عضو أو أكثر من أعضاء الجسم مما يعجزه

عن الإستمرار فى الحياة أو فقدان القدرة على أداء أدواره فى المجتمع مثل باقى أقرانه الأسوياء.



وتصيب الإعاقات التكوينية جميع الأجناس. ويلاحظ أن 50% من الإعاقات التكوينية تكون ظاهرة عند الولادة ، بينما تظهر بعض العلامات الدالة على بقيتها خلال العام الأول من العمر أو فى سن متأخرة.

وتؤكد تقارير منظمة الصحة العالمية إلى أن التلوث البيئي الذي يتعرض له الأطفال يمثل خطورة شديدة على حياتهم الصحية ونموهم السليم لأن أكثر من 70 ألف مادة كيميائية مصنعة تصل إليهم عن طريق الطعام أو الشراب أو الهواء. إن تعرض الأطفال للعديد من الملوثات المحيطة بشكل دائم ولفترات طويلة يمثل خطورة كبيرة قد تصل إلى خلل يصيب أجهزة الجسم الحساسة وأخطرها النخاع الشوكي للطفل. وهذا يفسر تزايد حالات فشل النخاع بين الأطفال.

وتشير هذه التقارير أنه خلال الشهور الأولى من عمر الطفل لا يستطيع التخلص بسهولة من التلوث الذي يصل إليه لعدم اكتمال نمو الكبد والكليتين ، بالإضافة إلى نموه السريع في هذه الفترة من العمر بحكم طبيعة الحياة. كذلك فإن الأطفال في هذا العمر يعيشون فترات أطول تسمح بظهور أعراض التلوث على أعضائهم. ومن أخطر الملوثات التي يتعرض لها الطفل هو الإشعاع حيث أن تأثيره قد يكون في صورة حروق جلدية أو تأثيرات داخلية بنخاع العظام. كما أن طول فترة تعرض الطفل للإشعاع يؤدي للإصابة بسرطان الدم.

وعلى كل أم أن تلاحظ طفلها فخلال الساعات الأولى من التعرض للإشعاع يصاب الطفل بالقيء والإسهال وإذا استمر خلال 48 ساعة يحدث هذيان وتشنج وفقدان الإتزان وهنا ينبغي التدخل الطبي الفوري لإنقاذ المريض.

ويجب الإشارة إلى أن النخاع الشوكي يمثل الجزء الأسفل للجهاز العصبي المركزي ، كما أنه يمثل الإمتداد الطبيعي للمخ داخل السلسلة الفقارية يظهر ويخرج منه ثلاثون عصا على جانبي الجسم تحمل أحاسيس من كل نقطة في الجسم ترتد في صورة إشارة حركية للإبتعاد عن الخطر. ويحمل النخاع الشوكي مراكز الجهاز العصبي السيمباثوي غير السيمباثاوي وكذلك مراكز التحكم في عمليات الإخراج (التبول والتبرز). ويحمي النخاع الشوكي العمود الفقري لكنه في ذات الوقت لا يستطيع أن يحميه من التلوث البيئي وعلى رأسه التلوث بالرصاص فهو معدن غير موجود بجسم الإنسان وليس له دور بيولوجي والنسبة الطبيعية له في الدم تساوي " صفر " ، في حالة وجود عدم تلوث في البيئة. وفي حالة وجود أي نسبة منه في دماء الإنسان فهذا يعتبر خللا يجب مقاومته. إن من أهم أعراض التلوث بالرصاص الشعور بالمغص المتكرر وكذلك التهاب المخ الذي يظهر في صورة فقدان الإتزان والتشنجات واختلال الوعي ثم الغيبوبة وذلك في حالة إرتفاع نسبة الرصاص في الدم إلى أكثر من 100 ميكروجرام .

ولمنع التلوث بالرصاص يجب ألا تستخدم الدهانات المحتوية على هذا العنصر السام كذلك عدم التوسع في إستخدام وقود الديزل للسيارات ، وعمل فحص للدم بشكل دوري للأطفال خاصة من يقطنون بالمناطق الأكثر عرضة للتلوث كالطرق السريعة أو المناطق الصناعية أو المزدحمة ويتطلب الأمر الحد من ظاهرة عمالة الأطفال المنتشرة في جميع الدول ففي أمريكا أكثر من 5 ملايين طفل يعملون وفي مصر أكثر من 1.5 مليون طفل ، وهم بالقطع الأكثر عرضة للتلوث البيئي لتعرضهم للهواء الملوث الذي يصيبهم بأمراض الحساسية والربو الشعبي. كما أن قربهم من أماكن خطيرة كالمسابك أو ورش الصناعات مثل الألمنيوم يضاعف من مخاطر تعرضهم للموت حيث إن عنصر الألمنيوم لا يزال متهما في إزدياد الإحساس بضعف الذاكرة بصفة عامة.

وإذا كان الطفل أكثر قابلية لذلك لصغر جسمه وعدم نضوجه فإنه يصبح أكثر من يعاني هذا الأمر وخاصة بعد التوسع في إستخدام أوراق الألمنيوم في الطهو عن طريق كثير من محلات الوجبات السريعة التي يقبل عليها الأطفال أكثر من غيرهم . وتشير دكتورة عزة إلى أن النخاع العظمي في الإنسان يعد مسؤولاً عن تكوين جيوش كرات الدم الحمراء والصفائح الدموية والتي تعد بالمليارات ، كذلك فإنه مسؤول عن تصنيع الملايين من كرات الدم البيضاء بأنواعها الخمسة في جسم الإنسان يومياً ، كما أنه المسؤول عن تكوين الخلايا سريعة الإنقسام مثل الأغشية المبطنة للأمعاء ، والمبيض والخصيتين ولذلك فالنخاع الشوكي هو الأكثر تأثيراً بالتلوث المحيط بالإنسان. ومن أهم ما يصيب النخاع فيروسات الكبد " A , B , C" كذلك فيروس الستيوميجالو و الأبشيتين وهذان الفيروسان هما المسببان لمرض " الليمفوما " Lymphoma خاصة عند حدوث خلل في الجهاز المناعي ونقص التغذية ومن المعروف أن هناك زيادة في حالات فشل النخاع وسرطان الدم في مناطق التلوث وذلك بسبب الإستخدام العشوائي للمبيدات الحشرية خاصة التي تحتوي على مركبات " الـ DDT " التي تعتبر عدوا للبيئة وتسبب السكتة الدماغية والخلل في إنقسام خلايا النخاع مما يسبب لوكيميا الدم.

سابعا: أضرار التلوث البيئى للأسماك على الإنسان

تعتبر الأسماك من أهم مصادر الثروة المائية منذ زمن بعيد ، والجدير بالذكر أن الإنسان قد إهتم بالأسماك لأسباب مختلفة فهى تعتبر مصدراً جيداً للبروتينات العالية القيمة ، والتى يمكن مقارنتها ببروتينات اللحوم الحمراء والدواجن والبيض واللبن ، وهى بذلك أعلى في القيمة الغذائية من بروتينات البقوليات والخبز. وكذلك تتميز الأسماك عن الأغذية الحيوانية الأخرى لإحتوائها على نسبة عالية من فيتامين أ وفيتامين د بما لهما من أهمية في قوة الإبصار وصلابة العظام خصوصا عند الأطفال.

وبسبب تلوث البيئة على المستوى العالمي والمحلي زاد أيضا تلوث الأسماك بالمواد الضارة بالصحة إلى حد أن مدى تلوث الأسماك في مكان ما يعطى دلالة قاطعة على مدى تلوث البيئة ، وهذا لأن الأسماك تركز المواد الضارة في المياه التي تعيش فيها. ومن أهم المعادن الثقيلة التي تلوث الماء وتتركز بعد ذلك في الأسماك هو الزئبق والكادميوم والرصاص.

. والزئبق هو أكثر المعادن الثقيلة سمية ، وهو من السموم المؤثرة على المخ والعصب الشوكى ويسبب الزئبق مرض يسمى ميناماتا نسبة إلى نهر ميناماتا فى اليابان الذى تلوث إلى حد كبير بمخلفات صناعة البلاستيك .

إن تراكم كميات كبيرة من الزئبق فى الجسم والمخ تؤدى إلى الإضطراب العصبى وفقدان الذاكرة وفقدان الثقة بالنفس. وقد تصل خطورة الزئبق إلى إختراق الأنسجة الواقية للجنين فى بطن الأم والوصول إلى الجنين وإحداث تلف فى المخ.

أثبتت أحد الأبحاث التى أجريت أن وجود تلوث فى المياه بمعدن الزئبق فى إحدى المناطق بالساحل الشمالى حيث يتم صرف مخلفات مصنع كيميائى يستخدم معدن الزئبق فى وحدات التحليل الكهربائى لملح الطعام للإنتاج الصودا الكاوية والكلور.

. وتقترح منظمة الصحة العالمية بأن الحد الأعلى المسموح بتواجده من الزئبق

فى الأسماك هو 500 جزء فى البليون. والقوانين الغذائية فى معظم الدول حددت نفس النسبة فى الأسماك مثل (الولايات المتحدة الأمريكية وسويسرا). ويعنى ذلك حسابيا عدم تناول أكثر من 500 جرام سمك فى الأسبوع لو إحتوى هذا السمك على الحد الأعلى المسموح به من الزئبق. وقد وصلت نسبة الزئبق فى الأسماك فى اليابان من 500 إلى 20000 جزء فى البليون، ومن أهم الأسماك المصابة هى الماكريل والتونة؛ لذلك ينصح بعدم أو منع استيراد الأسماك من اليابان وخاصة أسماك الماكريل والتونة.

أما الكادميوم يعتبر أيضا من المعادن الثقيلة شديدة السمية، والتى تظهر أمراض التسمم به بعد عدة سنوات وبعد تراكم كميات كبيرة فى الجسم. ونتيجة لهذا التراكم يسبب مرض يسمى إيتاى – إيتاى نسبة إلى وجود المرض فى مقاطعة إيتاى – إيتاى اليابانية – نتيجة لصرف مخلفات المصانع والمناجم بما يؤدى إلى إرتفاع تركيز الكادميوم فى الماء من 5 أجزاء فى البليون إلى 180 جزء فى البليون. ومن أهم أعراض هذا المرض إضطراب وظائف الكليتين ، وقد يؤدى إلى فشل كلوى فى الحالات المتقدمة. وكذلك مرض لين العظام " نتيجة لاضطراب دورة الكالسيوم فى الجسم." وتشير الأبحاث الطبية الحديثة إلى وجود علاقة قوية بين تركيز الكادميوم المرتفع وإرتفاع معدلات الإصابة بالسرطان بالكبد والكلى والرئة.

وتحدد منظمة الصحة العالمية الحد الأعلى المسموح تناوله من الكادميوم 450 ميكرو جرام/للفرد ، ويجب ألا تتعدى نسبة الكادميوم فى الأسماك ومنتجاتها عن 100 جزء فى البليون.

وبالنسبة للرصاص وهو من العناصر السامة فيسبب للإنسان أنيميا نتيجة لإتلاف عدداً من التفاعلات الحيوية فى الجسم والهزال وفقدان الشهية وتلون اللثة باللون الأزرق عندما تصل نسبة الرصاص فى الدم إلى 0.6 – 0.8 جزء فى المليون (ppm). وفى الحالات المتقدمة يؤدى الرصاص إلى الفشل الكلوى. والتلوث بالرصاص يؤدي إلى حدوث أعراض التسمم المعروفة مثل الشعور

بالضعف والإضطرابات العصبية والنفسية. وبالنسبة للأطفال قد يؤدي التعرض للتلوث بالرصاص إلى حدوث تخلف عقلي وبدني.

وقد تصل نسبه التلوث فى الأسماك إلى 2000 جزء فى المليون. وتقترح منظمة الصحة العالمية الحد الأقصى المسموح به أن يكون 500 جزء فى البليون فى الأسماك غير المعلبة. بينما فى الأسماك المعلبة فى علب صفيح فقد تصل النسبة إلى 1000 جزء فى البليون، وهذه الزيادة تنتقل من العلبة إلى أنسجة الأسماك.

وإذا حدث وأن تلوثت البيئة المائية بنفايات صناعية تحتوي عنصر الزرنيخ فيحدث تراكم لهذا العنصر في أنسجة الأسماك والقشريات البحرية بتركيزات عالية وقد تصل إلى 50 ملليجرام/كجم أو أكبر من ذلك. وينحصر التأثير الضار على صحة الإنسان فى نوعية مركبات الزرنيخ الغير عضوي Inorganic arsenic حيث ثبت أنه عالي السمية وبصفة خاصة الأيون ثلاثى التكافؤ AS^{+3} الغير عضوى.

وتتلوث الأسماك بالمبيدات الحشرية التى تنزل مع الماء الملوث بالمبيدات وتتركز فى الأعشاب البحرية والأحياء الدقيقة ومنها الأسماك بالإضافة إلى ما تأخذه الأسماك مباشرة من الماء. وإرتفاع نسبه الدهون فى الأسماك يزيد من فرصة إحتوائها على نسب أعلى من المبيدات. ويمكن للأسماك أن تركز المبيدات الحشرية فى لحمها إلى أن تصل إلى آلاف الأمثال بالمقارنة بتركيزها فى نفس الماء المحيط بها.

مثال : وجد أن الـ د.د. ت (DDT) موجود بتركيز 1 فى البليون فى أنهار أوربا فى حين يصل التركيز فى الأسماك التى تعيش فى هذه الأنهار من 0.5 إلى 5.0 جزء فى المليون (ppm) نتيجة لتراكمها فى الأنسجة ودهون الأسماك.

وتحدد بعض الدول ومنها ألمانيا الغربية بأن الحد الأعلى المسموح به فـــى مركبات الـــ د.د. ت (DDT) فى الأسماك بـــ 15 جزء فى المليون (ppm) ، ولا توجد حدود للمبيدات الأخرى. ولذلك تقترح منظمة الصحة العالمية بألا يزيد تركيز بعض المبيدات الأخرى عن 0.1 جـــزء فـــى المليـــون (ppm) مثـــل ألـــدرين والكلوردان و 0.52 جزء فى المليون (ppm) مثل ليندان – وديمتونو 7 أجزاء فى المليون (ppm) بالنسبة للـــ د.د. ت (DDT).

وأثبتت بعض الأبحاث التى أجريت فى مصر الآن أن الأسماك فى بحيـــرة ناصر تعتبر أقل الأسماك إحتواءا على المبيدات الحشرية والمعادن الثقيلة. ويزيـــد تلوث الأسماك كلما إقتربنا من شاطئ البحر الأبيض المتوسط. وأكثـــر الأســـماك تلوثاً فى وسط الدلتا هو "سمك البلطى". والأعراض التى تظهر علـــى المســـتهلك عندما يأكل أسماك ملوثة بالـــ د.د.ت (DDT) هى :-

أ- تهيج فى الجهاز العصبى. ب- إتلاف الكبد.

جـ - فقر الدم. د- اضطرابات هرمونية

هـ - اضطراب فى تمثيل الصوديوم والبوتاسيوم داخل الجسم.

الباب السادس

الطفرات والمخاطر الوراثية

المخاطر هو تعبير عن تحول الحالة العادية إلى حالة ضارة غير عادية. وبالنسبة للوراثة فإن أى تحول عن الحالة العادية يعرف بأنه طفرة. والطفرة منها الطفرات المفيدة والطفرات الضارة وإن كان معظم الطفرات ضارة. ومن هذا المنطلق يمكن القول بأن المخاطر الوراثية هى حدوث الطفرات الوراثية الضارة. أما بالنسبة لأنواع الطفرات فمنها ما هو على المستوى الجينى ومنها ما هو على المستوى الكروموسومي. وقبل أن نستعرض المخاطر الوراثية والبيولوجية التى يسببها التلوث البيئى فى الأبواب التالية سوف نستعرض فيما يلى بشىء من التوضيح الطفرات وأنواعها ومعدلات حوثها.

أولا: أنواع الطفرات Mutations

أكتشفت الطفرات منذ عام 1903 بواسطة العالم الهولندى هوجو دى فريز Hugo de Vries أثناء أبحاثه على نبات الأونيثيرا Oenethera. ولقد وضع دى فريز نظرية الطفرات mutation theory والتى تنص على أن بعض الإختلافات الجديدة قد تظهر فجأه فى نسل لم يكن أبواه يحتويان على هذه الإختلافات. ويعتبر العالم شيتفيركو Chetverikou عام 1926 من أوائل الذين إكتشفوا وجود أفراد عادية من العشائر البرية للدروسوفلا ميلانوجاستر *D. melanogaster* تحمل طفرات متنحية لا يظهر تأثيرها فى الحالة الخليطة أى الغير متماثلة ولكن يظهر تأثيرها فى الحالة المتماثلة. وخلال الفترة من 1927-1930 إكتشف العالم مورجان وزملاؤه العديد من الطفرات فى كثير من أنواع الدروسوفلا. وقد درست هذه الظاهرة بالتفصيل على البكتيريا منذ عام 1954.

والطفرات قد توجد على مستوى الجين وتعرف بإسم طفرة جينية Gene mutation أو طفرة موضعية Point mutation أو توجد على مستوى الكروموسوم وتعرف بإسم الطفرات أو الشذوذات الكروموسومية Chromosomal aberrations.

أ- الطفرات الجينية أو الموضعية Gene or Point mutation

من المعروف أن أى صفة من صفات الكائن الحى يتحكم فيها الجينات. والجين عبارة عن تركيب كيميائى لتتابعات من القواعد النيتروجينية على جزىء الحامض النووى الـ DNA أى Deoxyribonucleic acid. وعلى ذلك نجد أن كل صورة من صور الصفة يتحكم فيها جين أو أليل لهذا الجين. فمثلا إذا كان اللون الأحمر وهو اللون البرى للزهرة فى أحد الأنواع يتحكم فيه الجين A فهذا يعنى أن التركيب الكيميائى لهذا الجين يعطى تأثيره على هيئة أو صورة اللون الأحمر للزهرة. فإذا تغير التركيب الكيميائى هذا للجين A فسوف يعطى التركيب الكيميائى الجديد تأثير أخر غير اللون الأحمر وليكن اللون الأبيض أو الأصفر أو غير ذلك. وسوف نطلق على الصورة الجديدة للجين إسم الأليل allele وسوف نطلق على عملية التغير فى التركيب الكيميائى للجين إسم طفرة mutation. وعلى ذلك فالطفرة هى عبارة عن تغير مفاجئ ومستديم فى التركيب الكيميائى للجين ، وهذا ما تعرف بالطفرة الجينية أو الطفرة الموضعية point mutation . وكما ذكرنا أن الصفة قد يكون لها أكثر من صورتين وهذا يعنى أن الجين قد يطفر إلى أكثر من أليل حيث تعرف هذه الحالة بالأليلات المتعددة Multiple alleles.

ب- الطفرات أو الشذوذات الكروموسومية

وهذه الشذوذات الكروموسومية تشتمل على :-

١- طفرات أو شذوذات كروموسومية تركيبية

Structural chromosomal aberrations ومنها أربع حالات هى :-

أ- النقص أو الإقتضاب Deletion

النقص عبارة عن فقد مقطع أو قطعة كروموسومية سواء كانت كبيرة أو صغيرة بما عليها من جينات. وقد يكون النقص طرفى terminal أى يحدث كسر عند أحد طرفى الكروموسوم. وقد يكون النقص وسطى intercalary وذلك بأن يحدث كسران على الكروموسوم وتفقد القطعة الوسطية ويلتحم الطرفان المكسوران. ولقد وجد أن معظم حالات النقص التى درست كانت حالات الفقد أو النقص التى من النوع الوسطى.

عندما تفقد قطعة كروموسومية فإنها تفقد بما عليها من جينات وتبعا لذلك قد يكون تأثير هذا النقص ضار على الفرد ويتوقف ذلك على الأهمية الفسيولوجية لهذه الجينات التى فقدت. فإذا كان النقص صغير فإن الفرد يعيش ولكن تتأثر حيويته إلى حد ما وتقل عن الفرد العادى أما إذا كان النقص كبير فعادة ما يؤدى إلى موت الفرد وذلك لفقد عدد من الجينات الحيوية. وعموما فإن الإقتصاب أو النقص الخليط أقل ضررا من النقص الأصيل.

ب- الإضافة أو الزيادة Addition

الإضافة هى عبارة عن تكرار مقطع كروموسومى بما عليه من جينات على نفس الكروموسوم. وقد تكون الإضافة أو الزيادة على الكروموسوم المماثل الآخر وذلك كما لوحظ فى حالات كثيرة. وسواء كانت الإضافة أصيلة أو خليطة فليس لها عادة تأثير ضار على الكائن.

جـ - الإنتقال Translocation

هى الحالات التى تكسر وتنفصل فيها قطعة كروموسومية من كروموسوم معين وتتصل بكروموسوم آخر غير مماثل
وهناك نوعان أساسيان من الإنتقالات الكروموسومية هما :-

١- إنتقال كروموسومى بسيط simple translocation، وفيه تنتقل قطعة كروموسومية من كروموسوم وتتصل بكروموسوم آخر غير مماثل.

٢- إنتقال كروموسومى متبادل reciprocal translocation وفيه يتبادل الكروموسومان غير المتماثلان قطعتى الكروموسوم. وقد تكون القطعتين الكروموسوميتين المتبادلتين متساويتين أو غير متساويتين.

ونتيجة لعملية الإنتقال الكروموسومى هذه قد نحصل على إحدى الحالات التالية:-

ا- كروموسومان به سنتروميران dicentric chromosome.

ب- كروموسوم عديم أو ليس به سنترومير acentric chromosome.

جـ- كروموسومان كاملان ولكنهما تبادلا بعض القطع أو الأجزاء.

والحالة الثالثة هى أهم الحالات من الناحية الوراثية السيتولوجية حيث أن الحالتين (ا) ، (ب) ينتج عنهما عقم وإنعدام حيوية.

والإنتقالات المتبادلة واسعة الإنتشار فى الحيوانات والنباتات التى درست دراسة وافية من الناحية السيتولوجية. والإنتقالات الكروموسومية البسيطة معروفة فى الإنسان وهى تؤدى إلى تشوهات شديدة فى الشكل المظهرى للأفراد الحاملة لها.

من المتوقع نتيجة للإنتقال المتبادل هو تغيير الإرتباط حيث أن القطعة المتبادلة الموجودة عليها ستصبح مرتبطة بمجموعة جديدة من الجينات. كذلك يوجد

تأثير وراثى آخر للإنتقال المتبادل هو أن الأفراد الخليطة للإنتقال تكـون نصـف عقيمة Semi-sterile وذلك إذا كان الإنتقال المتبادل يشمل كروموسومين. أما إذا كان الإنتقال المتبادل يشمل أكثر من كروموسومين فإن نسبة العقـم تـزداد عـن 50 %.

د- الإنقلابات الكروموسومية Inversions

يقصد بالإنقلاب الكروموسومى أن تدور قطعة كروموسومية (أى تنقلب) فى مكانها بزاوية قدرها 180° درجة على نفس الكروموسوم. ونتيجة لذلك أن يصبح ترتيب الجينات الطولى معكوسا بالنسبة للترتيب الطولى الأصلى. ويوجد نوعـان من الإنقلابات الكروموسومية :-

١- إنقلابات غير سنتروميرية paracentric وهذا النوع يكون قاصرا على ذراع واحد من ذراعى الكروموسوم أى أن القطعة المنقلبة تكون بأكملها على جانب واحد من جانبى السنترومير وبالتالى فإنها لا تحتوى على السنترومير. وهذا النوع من الإنقلابات هو أكثر الإنقلابات الكروموسومية شيوعا فى العشائر الطبيعية لكثير من أنواع الدروسوفلا.

٢- إنقلابات سنتروميرية pericentric وهذاالنوع من الإنقلابات يشـمل أجزاء من ذراعى الكروموسوم وبالتالى فإن القطعة المنقلبة تحتوى على منطقة السنترومير.

وفى كلا النوعين من الإنقلابات قد يكون الإنقلاب طرفـى أى فـى بدايـة الكروموسوم أو قد يكون فى أى منطقة على طول الكروموسـوم. وقـد يتواجـد الإنقلاب الكروموسومى بحالة متماثلة فى الفرد الحامل له أى أن الفرد فـى هـذه الحالة يحمل كروموسومين متماثلين بكل منهما نفس القطعة المنقلبة. وقد يتواجـد الإنقلاب الكروموسومى فى الفرد فى حالة خليطة أى أن الفرد يحمل زوجـا مـن

الكروموسومات المتماثلة أحدهما فقط يحمل القطعة الكروموسومية المنقلبة والآخر يكون طبيعى وبه الترتيب الصحيح للجينات.

ولا تقتصر الإنقلابات الكروموسومية على النوع البسيط فقد يشترك إنقلابان بسيطان فى منطقة كروموسومية واحدة وتكون النتيجة تكون إنقلاب مركب complex inversion. وقد تنقلب قطعة كروموسومية داخل القطعة الكروموسومية الأولى المنقلبة وتكون النتيجة إنقلاب مركب متداخل.

عادة يؤدى الإنقلاب الخليط إلى تكوين عقم بنسبة 50% فى كل من الجاميطات المذكرة والمؤنثة فى النباتات. ويرجع ذلك إلى تكوين كروماتيدات تحتوى على إضافة ونقص.

أما فى الدروسوفلا فلا يوجد مثل هذا العقم. ويرجع عدم حدوث عقم فى الذكر إلى عدم حدوث العبور (لا يحدث عبور فى ذكر الدروسوفلا طبيعيا). أما فى الأنثى فيرجع إلى خاصية توجه الجسر الكروماتيدى (الشائع فى الدروسوفلا هو الإنقلاب اللا سنتروميرى Paracentric) فتذهب دائما الكروماتيدة العادية أو المحتوية على الإنقلاب إلى البيضة.

- وأحد خواص الإنقلاب هو تغيير العلاقة الإرتباطية بين الجينات الموجودة على نفس الكروموسوم. وعلاوة على ذلك فإن نسبة العبور المقدرة عن طريق التراكيب العبورية تقل بنسبة كبيرة ويرجع ذلك إلى قله الحصول على هذه التراكيب فى الجاميطات المتحصل عليها والمقصود بذلك أن الكروماتيدات المتحصل عليها هى دائما غير عبورية. وبذلك فإن أهم ظاهرة للإنقلاب الخليط هو تقليل العبور أو منعه crossover suppressors. وقد وجد بالأبحاث والدراسة أن الإنقلابات الكروموسومية مهمة فى تأقلم adaptation العشيرة للظروف البيئية. حيث وجد أن الأفراد الخليطة للإنقلابات تكون ذات قيمة تأقلمية عالية عن الأفراد المتماثلة خصوصا فى حالة الإنقلابات اللاسنتروميرية وذلك لأن القطعة المنقلبة

من الكروموسوم تشمل غالبا على توليفة من الجينات ويطلق عليها إسم Supergenes تكون أفضل فى المواءمة تحت الظروف البيئية المتاحة ووجودها فى الإنقلاب يتيح لها الإنتقال كوحدة واحدة من جيل لآخر دون حدوث تفنيط Shuffling فيما بينها حيث وكما ذكرنا أن الإنقلاب يعمل على منع أو تقليل نسبة العبور.

٢- طفرات أو شذوذات كروموسومية عددية Numerical aberrations

يشمل هذا القسم أى تغير فى عدد الكروموسومات عن العدد الثنائى الأصلى. ففى الحالة الطبيعية لغالبية أنواع الكائنات الحية أن تكون خلاياها ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) diploid أى أن كل كروموسوم فى المجموعة الكروموسومية مكرر مرتين. ولكن قد يصبح كل كروموسوم بحالة مفردة أى ليس له ما يمثله وذلك فى الخلايا الجسمية للكائن وتعرف هذه الحالة بأحادى المجموعة الكروموسومية monoploid أو قد يحدث تعدد لكل أو بعض الكروموسومات وتعرف ذلك بتعدد المجموعة الكروموسومية polyploidy فقد يتكرر كل كروموسوم ثلاثة مرات ويعرف بثلاثى المجموعة الكروموسومية أو أربعة مرات أى رباعى المجموعة الكروموسومية (4 n) وهذا ما يعرف بإسم تعدد المجموعة التام Auploidy. أو قد يحدث أن يتكرر كروموسوم أو أكثر مرتين أو ثلاثة أو قد ينقص كروموسوم أو أكثر عن العدد الثنائى العادى وتعرف هذه الحالة بتعدد المجموعة الغير تام Aneuploidy.

وأخطر هذه الأنواع من الشذوذات أو الطفرات الكروموسومية هو النقص الكروموسومى خاصة النقص الكروموسومى الأصيل.

ثانيا: الخصائص العامة للطفرات

الطفرات يمكن أن تحدث فى جميع أنواع الخلايا سواء كانت خلايا جسمية أو جنسية. فإذا حدثت الطفرة فى خلية جسمية فإنها تنتقل إلى جميع الخلايا التى تنشأ منها (عن طريق التكاثر الخضرى مثلا) ولكنها لا تورث عن طريق الجاميطات. أما إذا حدثت فى خلية جنسية فإنها تنتقل وتورث عن طريــق الجاميطــات إلــى الأجيال التالية.

والطفرات قد تحدث تلقائيا فــى الطبيعــة وتعــرف بــالطفرات الطبيعيــة أو التلقائية spontaneous mutations أو تحدث باستخدام مــؤثرات أو مــواد كيميائية مثلا أو إشعاعية مثل أشعة X (X – rays) وغيرها من الإشعاع وغيــر ذلك من المؤثرات وتعرف الطفرات فى هذه الحالة باســم الطفــرات الصــناعية artificial mutations أو الطفرات المستحدثة induced mutations. ولقــد أظهرت المشاهدات والدراسات أن معظم الطفرات سواء كانت تلقائية أى طبيعيــة أو مستحدثه فإنها تظهر أشكالا مظهرية فى حيوانات ونباتات المعمل تكــون أقــل حيوية من السلالات الأصلية البرية Wild types. فالمجموعة الجينية لأى نــوع عبارة عن نظام معقد يتركب من وحدات عديدة مختلفة تتفاعل مع بعضها بطريقة متوازنة ومتكافئة. والأنواع الحديثة التى وجدت على الأرض من ألاف السنين قد تعرضت لحدوث العديد من الطفرات. ومن المتوقع أن الطفرات التى قــد تــؤدى إلى تحسن مواءمة الأنواع أو الأفراد للتغيرات البيئية التى تتعرض لها قد حــدثت مرارا وتكرارا وأصبحت جزءا من المجموعة الجينية للنــوع خــلال الإنتخــاب الطبيعى. ونتيجة لذلك قد يحدث أحيانا طفرات نافعة وذلك فقط فى الأنواع التــى تعرضت لطراز بيئى جديد . وتحت أى نظرية من النظريــات الخاصــة بــدور الطفور فى التطور فإننا نتوقع أن معظم التغيرات أو الطفرات قد تكــون متعادلــة التأثير أو ضارة بالنوع ولكن فى بعض الأحيان قد تظهر ذات فائدة. فمثلا طفرات بكتيريا القولون المقاومة لمهاجمة البكتيريوفاج bacteriophage متعادلة أو ضارة

فى بيئات خالية من البكتيربوفاج و لكنها تعيش فقط فى وجـوده. كـذلك فهنـاك طفرات تسبب زيادة محتوى البروتين فى القمح وطفرات تسبب مقاومة صدأ الساق الأسود فى القمح أيضا وطفرات أخرى تسبب زيادة المحصول ومقاومة الأمراض فى الفول السودانى ، وغير ذلك من الطفرات المفيدة.

وقد ينتج عن طفرة جينية أو جين طافر تأثيرات ضارة فى التوافق مع بعض الجينات بينما لا تكون ضارة التأثير عندما تكون فى توافق مع جينات أخرى. فمثلا فى ذبابة الدروسوفلا فيونيبرس *Drosophila funebris* نجد ان الجين الطـافر قصير الشعيرات bobbed يقلل من حيوية الذباب أو الحشرات إلى 85% عـن الحالة الطبيعية وأن الجين الطافر مصغر الأجنحة minute يقلـل الحيويـة إلـى 69% عن الحالة الطبيعية ومع ذلك فإن حيوية التركيب قصير الشعيرات مصـغر الأجنحة (أى إذا اجتمع الطفرتين فى تركيب واحد) تقترب من % 97 من الحالة الطبيعية.

ولقد أثبتت الأبحاث والتجارب أن معظم الطفرات – وليست كلها – متنحية كما وان معظم الطفرات – وليسـت كلهـا – ضـارة. فقـد أوضـحت أبحـاث جوستافسون Gustafson أعوام 1941 – 1947 أن معظـم الطفـرات التـى أستحدثت فى نبات الشعير عند معاملته بأشعة X كانت أقل فى الخصوبة والحيوية عن النباتات العادية الغير معاملة. وكانت النباتات التى لم تظهر تأثيرات ضـارة واضحة منخفضة المحصول أو ذات صفات حقلية غير مرغوب فيها ولكن من بين مئات الطفرت التى حصل عليها جوستافسون واختبرها وجد حوالى عشرة نباتات أعطت محصولا مرتفعا أو كانت تحمل صفات حقلية مرغوب فيها مثـل صـلابة السيقان والنضج المبكر. هذه الحقائق عضدت بواسطة العديد من العلمـاء علـى كائنات حية أخرى منهم العالمان دوبزانسكى Dobzhansky وسباسكى Spassky اللذان أجريا أبحاثهما معا عام 1947 وذلك على ذبابة الدروسوفلا بسيدوبسـكيورا *D. pseudoobscura*.

ولا يمكن الجزم بأن كل طفرة تكون مفضلة فى بيئة معينة. فمعظم الطفرات غير ملائمة فى جميع البيئات. فيمكن مثلا تصور بيئة تكون فيها الطفرة السائدة لصفة قصر الأصابع فى الإنسان مفيدة بعض الشئ أو كذلك صفة قصر الأرجل فى الأغنام فإنها ملائمة لبيئات عديدة. ولكن لا يمكن تصور وجود مثل هذه البيئات لطفرة العظام الهشة السائدة أو لطفرة سيولة الدم Hemophilia المتنحية المرتبطة بالجنس فى الإنسان.

ولقد أوضحت معظم الدراسات التى أجريت على الطفرات أن معظم الجينات تتعرض للطفور ولكن بدرجات أو معدلات مختلفة وبذلك يدخل كل جيل من عشائر معظم أنواع الكائنات الحية مجموعة من الطفرات الحديثة النشأة. والسؤال هنا هو : ماذا يحدث لهذه الطفرات بعد دخولها المستودع الجينى Gene pool للعشيرة ؟. والجواب على ذلك : هو أن ذلك يتوقف على مدى درجة ملاءمة أو مواءمة adaptation or fitness هذه الطفرات للبقاء والتكاثر فى البيئات التى تعيش تحتها طبيعياً هذه العشيرة المندلية. فمن المعروف أن العشيرة المندلية تختلف فيها الأفراد من حيث تركيبها الجينى وذلك باستثناء التوائم الصنوية. ففى العشائر البشرية أى الإنسانية نجد أن العينين فى بعض الأشخاص بنية اللون وفى البعض الأخر زرقاء. كما أن طراز دم البعض يكون من المجموعة O والبعض الآخر من الطراز A و B. وقد يميل جسم البعض إلى النحافة فى حين تميل أجسام البعض الآخر الى السمنة. كذلك قد نجد البعض مصابا بأمراض وراثية بينما البعض الآخر غير مصاب بهذه الأمراض. ويرجع هذا الإختلاف أو التباين الوراثى إلى وجود عدد من الجينات دون تثبيت أى يمثلها فى المستودع الجينى للعشيرة أليلان أو أكثر. ويرجع أساسا وجود الأليلات المتنوعة إلى الطفور حيث أن الطفوه هى المصدر الوحيد المعروف لتنويع المادة الوراثية. وهذا لا يعنى بطبيعة الحال ان الأليل الخاص بلون العين البنية أو الزرقاء قد نشأ حديثا عن طريق الطفور. حيث أنه يمكن لبعض الطفرات التى لا تضر أو التى لا تحسن

كثيرا قدرة البقاء لحامليها أو بعبارة أخرى تكون متعادلة تقريبا فيما يتعلق بالملاءمة أو المواءمة للبيئة أن تستديم فى المستودع الجينى للعشيرة عدة أجيال بعد نشأتها ، وقد تبقى إلى الأبد على النحو الذى بينته نظرية هاردى – وينبرج.

ومن المعروف أن المحتوى الجينى أو المستودع الجينى لعشيرة Gene pool يحتوى على عدد كبير جدا من الجينات ذات أثر متنحى وأن كثير من هذه الجينات قد تكون قادرة على الطفور ولكن بمعدلات طفور مختلفة. ولذلك نجد أنه فى كل جيل نشاهد ظهور بعض الجينات التى قد تكون ضارة فى العشيرة. وقد أعتبر على أن جميع الجينات الطافرة ذات الأثر الضار تكون أساسا ما يطلق علية بالحمل الوراثى Genetic load فى العشيرة.

ثالثا: معدل الطفور Mutation rate

تخضع معظم الجينات لعملية الطفور ولكن بمعدلات مختلفة وقد ذكر العالم دوبزانسكى Dobzhansky عام 1941 أن معدل الطفور التلقائى أو الطبيعى spontaneous مع أنه دائما منخفض جدا – يختلف بدرجة كبيرة من سلالة إلى أخرى لنفس النوع وكذلك من جين لآخر فى نفس الفرد. ومع أن الجينات تعتبر ثابتة إلا أنه يوجد مدى واسع لمعدل الطفور بين هذه الجينات. فمثلا بالنسبة لذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر فإن معدل الطفور لجين طافر على موقع معين يتراوح ما بين خلية لكل عشرون ألف خلية (20000 : 1) إلى خلية لكل مائتا ألف خلية .(1 : 200000)

وفى بعض العشائر قد يكون معدل الطفور عشر مرات ضعف الذى يحدث بين أفراد عشائر أخرى من نفس النوع. فمثلا سلالة الدروسوفلا المعروفة بإسم فلوريدا Florida لها معدل طفور أكبر من معدل الطفور الخاص بالسلالة المعروفة بإسم كانتون Canton. وتدل القرائن والأدلة المتوفرة أن معدل التغير فى جين معين فى سلالة معينة أنه ثابت بعض الشئ وأن الجينات المختلفة وكما ذكرنا سابقا مختلفة فى معدل طفورها.

وقد أجرى ستادلر Stadler عام 1942 دراسة مطولة على معدل الطفور في ثمان صفات خاصة بالإندوسبرم والأليرون فى نبات الذرة. وقد وجد أن معدل الطفور يختلف من جين لآخر.

وقد درس العالم ديميرك Demerec أعوام 1954 -1955 معدل الطفور فى الدروسوفلا والبكتيريا وتوصل إلى أن كل جين له خاصيته التطفرية. فبعض الجينات ذات معدل طفور أكثر من غيرها. فالجينات التى أظهرت معدل طفور مرتفع أطلق عليها الإصطلاح جينات غير ثابتة unstable genes بينما الجينات ذات معدل الطفور المنخفض فقد أطلق عليها جينات ثابتة stable genes.

ولقد توصل العالم مولر Muller عام 1927 إلى إكتشافه العظيم وهو أن الطفرات يمكن استحداثها بمعدل أكبر وذلك باستخدام أشعة إكس X (X – rays). ولقد أوضحت كثير من الأبحاث والتجارب أن أشعة X ليست وحدها ذات هذه الخاصية بل كذلك الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء وكذلك إستخدام بعض المواد الكيميائية وأيضا المعاملة الفجائية بالحرارة قد تؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة فى معدل الطفور. ولكن هذه العوامل أو المواد الكيمائية تؤثر فقط فى جرعات مرتفعة تقرب جدا من الجرعات شبة المميتة. وقد أوضح مولر Muller عام 1930 أن حوالى واحد فى المائة (1%) من الطفور الذى يحدث فى العشائر الطبيعية يرجع إلى الإشعاع الموجود فى الطبيعة.

والطفرة قد تكون عكسية reverse mutation. ومعنى ذلك أن الطفور لا يحدث فى إتجاه معين أى مثلا من A ⟵ a بل كذلك قد يحدث فى الإتجاه العكسى أى من a ⟵ A ولكن معدل الطفور فى الإتجاهين يكون عادة مختلف. وقد إعتقد العالم باتيسون Bateson أن الطفور من الحالة السائدة إلى الحالة المتنحية يرجع إلى ظاهرة النقص أو الإقتضاب deficiency ، أى نتيجة لفقد المقطع الكروموسومى الحامل لهذا الجين وتبعا لذلك تظهر الصفة

المتنحية. ولكن حدوث الطفور الرجعى أو العكسى هدم هذه النظرية من أساسها، حيث أنه إذا فقد جزء من كروموسوم فلا يمكن إرجاعه ثانيا بأى حال من الأحوال.

فإذا فرض وأن الجين A يطفر إلى الجين a بسرعة قدرها u حيث يعبر عن u بمعدل الطفور mutation rate. وإذا فرض أيضا أن الجين a يطفر إلى الجين A بسرعة قدرها v. فإذا تساوت سرعة الطفرتين أى أن $u = v$ فيقال أن مثل هذه العشيرة فى حالة إتزان.

وتعتبر الطفرات الضارة هى الغالبة فى ظهورها فى جميع الكائنات الحية. ولكن نجد أن كل من الإنتخاب الطبيعى natural selection والإنتخاب الصناعى artificial selection يعارض ظهور مثل هذه الطفرات الضارة المتنحية للتخلص منها. وتعتبر مثل هذه العشيرة أيضا فى حالة إتزان إذا تساوت سرعتا ظهور الطفرات الضارة فى العشيرة وقوة الإنتخاب للتخلص منها.

ولتوضيح فكرة تأثير كل من الطفرة والإنتخاب سنفترض وجود طفرة تظهر بسرعة (u) قدرها واحد فى المليون وأن هذه الطفرة يقابلها قوة إنتخاب للتخلص منها قدرة s. وبذلك تكون حالة التكرار المتوازن equilibrium frequency للجين السائد والناتج بواسطة طفرة ولكن يتعارض ظهورها بواسطة الإنتخاب هى u / s وأنها تساوى $\sqrt{u/s}$ للجين المطفر المتنحى. وفى نشوء الطفرات المميتة أى التى تسبب موت كل الأفراد الحاملة لها نجد أن معامل الإنتخاب selection coefficient يساوى واحدا صحيحا. أما فى حالة الطفرات شبة المميتة والتى تسبب موت على الأقل نصف عدد الأفراد الحاملة لها فيلاحظ أن عدد الأفراد التى تحمل هذه الطفرة شبة المميتة فى تركيبها الجينى مساوٍ لضعف سرعة الطفرة نفسها ، أى أن عدد الأفراد الجديدة يكون ضعف عدد الأفراد الحاملة أصلا للطفرة فى أول مرة.

فإذا فرض ظهور طفرة مميتة ومتنحية فى تأثيرها بنسبة واحد لكل مليــون فنجد أن مثل هذه الطفرات تتجمع فى العشيرة إلى أن تصبح كالآتى :-

$$1 - p = \sqrt{0.000001} = 0.001$$

وإذا كان ظهورها بنسبة واحد لكل عشرة آلاف فرد نجد أنها تتجمــع فــى العشيرة إلى أن تصبح :-

$$1 - p = \sqrt{0.0001} = 0.01$$

علما بأن p هو التكرار الجينى للجين المتنحى المميت فى تأثيره.

رابعا: تعيين الطفرات

فى عام 1910 قام العالم مورجان Morgan بتعريض مجموعة من ذبابــة الدروسوفلا ميلانوجاستر إلى إشعاع ناتج عن مادة الراديوم المشع وذلك لمعرفــة أمكان إستحداث الطفرات صناعيا . وحيث أنه لم تكن هناك طرق محددة ومؤكدة لتعيين الطفرات المستحدثة صناعيا فى ذلك الوقت فلم يتمكن مورجان من ملاحظة طفرات مستحدثة فى السلالات المعاملة بالإشعاع .وفى أثناء قيامة ببعض التجارب بعد ذلك أمكنة إكتشاف طفرة خاصة بلون العين الأبيض white eye وهى طفرة متنحية رمز لها بالرمز w ووجد بعد ذلك أن هذه الطفرة مرتبطــة بــالجنس أى توجد على كروموسوم الجنس X- chromosome.

بعد ذلك جاء العالم مولر Muller وقضى حوالى عشر سنوات متواصلة فى أبحاثة وتجاربة التى قام فيها بتعريض حشرات مــن الدروســوفلا ميلانوجاســتر لجرعات مختلفة من الأشعة السينية أى أشعة X (x rays) حيث قــدم أول دليــل واضح وناجح عن إستحداث الطفرات صناعياً. وفى عام 1927 أعلن العالم مولر أنه يمكن إستحداث طفرات بواسطة أشعة X وتعينها بطريقة دقيقة وسهلة إذا كانت هذه الطفرات مرتبطة بالجنس أى توجــد علــى الكروموســوم الجــنس X فــى

الدروسوفلا. وقد أطلق مولر على هذه الطريقة طريقة ClB لتعيين الطفرات المستحدثة المرتبطة بالجنس فى الدروسوفلا.

وخلال تلك الفترة قامت مسز مورجان (وهى زوجة عالم الوراثة الشهير توماس هانت مورجان Thomas Hunt Morgan) عام 1922 باكتشاف طريقة لتعيين الطفرات المرتبطة بالجنس أيضا أطلق عليها طريقة كروموسومى الجنس المتصلين.

كذلك وباستمرار الأبحاث والتجارب تم تعيين طريقة محددة لتعيين الطفرات المستحدثة المرتبطة بالكروموسومات الجسمية أطلق عليها CyL / Pm. وفيما يلى وصفا تفصيليا لكل طريقة من هذه الطرق.

١ : تعيين الطفرات المستحدثة المرتبطة بالجنس

أ – طريقة ClB

ذكر العالم مولر muller عام 1927 أنه يمكن تعيين الطفرات المستحدثة صناعيا وذلك باستخدام طريقة ClB: وقد أطلق مولر على هذا التكنيك طريقة ClB لوجود ثلاثة عوامل أساسية هى :-

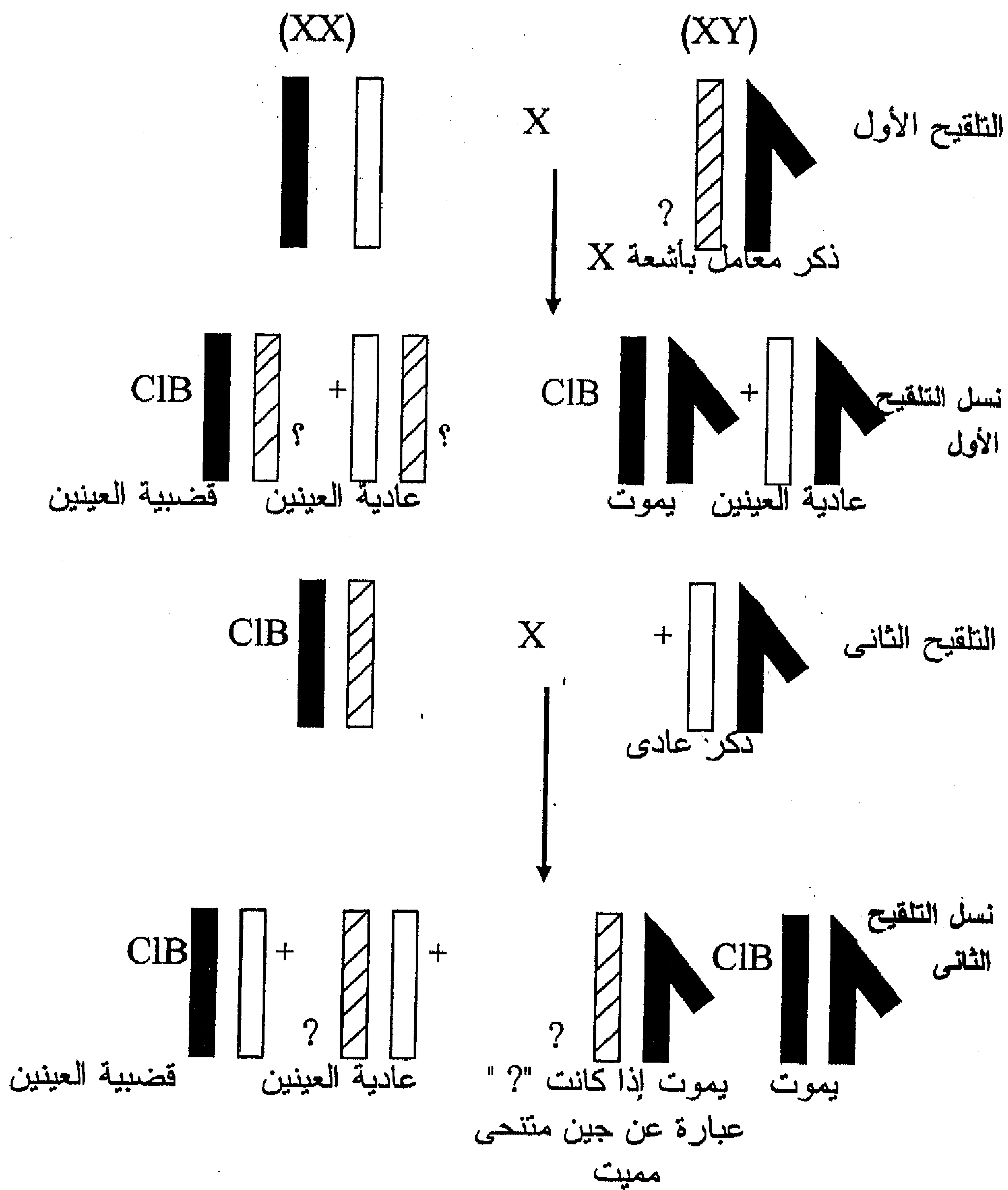
C: تمثل إنقلابا inversion كبيرا يشمل تقريبا جميع كرموسوم الجنس X ويعمل كمانع للعبور حيث تنتقل الوحدات الجينية الموجودة على الكروموسوم كوحدة من جيل لآخر.

l: جين مميت متنحى lethal موجود على كروموسوم الجنس الحامل للإنقلاب .

B: تمثل جين العين القضيبية Bar eye وهى طفرة سائدة موجودة على نفس الكروموسوم.

وفى هذه الطريقة تستخدم إناث خليطة بالنسبة لكروموسوم الجنس أحـــدهما كروموسوم ClB والكروموسوم الآخر فهو عادى وخالى من الإنقـــلاب والعامـــل المميت l وكذلك لا يحتوى على العين القضيبية B أى يحتوى على جين لون العين الحمراء +. وبذلك يمكن تمييز هذه الإناث مظهريا حيث أنها تكون قضيبية العين (خليطة). ويجب ملاحظة أن جميع الذكور الحاملـــة للكروموســـوم ClB تمـــوت (لوجود العامل المميت l على كروموسوم X والكروموسوم الآخر هو كروموسوم Y وبذلك يظهر تأثير العامل المميت). وإذا أجرى تلقيح بين ذكور عادية وانـــاث خليطة لـــ ClB فتكون النسبة الجنسية للنسل الناتج هى 1 ذكور إلى 2 إناث حيث أن نصف الذكور تموت لاحتوائها على ClB بينما النصف الآخر يعيش ويكـــون مستدير العينين لعدم إحتوائه على ClB. كما يجب أيضا ملاحظة أنـــه لا توجـــد إطلاقا إناث أصيلة ClB لأن الإناث فى هذا الحالة ستحتوى على الجين المميـــت المتنحى فى جالة أصيلة مما يسبب موتها.

ولإجراء الإختبار قام العالم مولر Muller بتلقيح ذكور عرضـــت لأشـــعة X (X- rays) مع إناث تحمل ClB. بعد ذلك أختبرت إنـــاث الجيـــل الأول F_1 المعروف أنها حاملة لكروموسوم الجنس الآتى من الذكر المراد إختبـــاره لوجـــود طفرة مميتة مستحدثه علية. ولقد أجرى مولر هذا الإختبار بأخـــذ هـــذه الإنـــاث وتلقيحها مع ذكور عادية. وتكون النتيجة أن نصف ذكور النسل الناتج ستموت قبل الفقس وذلك لاستقبالها للكروموسوم ClB. فإذا كانت المعاملة أدت إلـــى إحـــداث طفرة مميتة على الكروموسوم الجنسى المماثل فإن النسل الناتج لا يحتوى علـــى ذكور على الإطلاق. أما إذا كانت الطفرة شبة مميتة فإن حيوية الـــذكور الحاملـــة لهذا الجين ستنخفض وبالتالى تنخفض نسبة الذكور إلى الإناث عن النسبة الجنسية 1 ذكور : 2 إناث. والشكل (١-٦) يوضح خطوات إجراء هذه الطريقة.



شكل ١-٦: طريقة ClB لتعيين طفرة متنحية مرتبطة بالجنس.

ب- طريقة كروموسومى الجنس المتصلين **Attached X- chromosomes**

يعتبر إستخدام كروموسومى الجنس المتصـــلين (X⌒X) طريقــة بســيطة ومباشرة لتعين الطفرات المظهرية المرتبطة بالجنس: ففى عـــام 1922 إكتشـــفت مسز مورجان (زوجة عالم الوراثة الشهير مورجان) أنثى من ذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر لها القدرة على نقل جميع صفاتها المرتبطة بالجنس إلى بناتها فقـــط وليس إلى أبنائها الذكور. وقد أظهرت طرق التربية لنسل هذه الإناث ثبـــات هـــذه الخاصية . وقد أثبـــت الفحـــص السيتولوجـــــى أن هذه الإنـــــاث تحتوى على كروموسومى جنس متصلين(X⌒X) وكذلك على كروموسوم Y أى أن تركيبهـــا الكروموسومى (X⌒X) Y) وتنتج هذه الإناث نوعين من البيض نوع يحتوى على (X⌒X) ونوع يحتوى على Y. وعند الإخصاب بحيوان منوى عادى يحتـــوى على X أو Y فإنه من المتوقع الحصول على الزيجوتات الآتية :-

X (X⌒X) إناث فائقة وعادة تموت فى مرحلة البيضة.

YY عادة لا يفقس البيض.

Y (X⌒X) إناث عادية تحمل كروموسومى جنس متصلين ولكنها تظهـــر صفات مرتبطة بالجنس أمية.

X Y ذكور عادية حصلت علـــى كروموســـوم Y مـــن أمهاتهـــا وعلـــى كروموسوم X من آبائها وبذلك فإنها تظهر إرتباطا أبويا بالجنس.

ولتمييز الإناث Y (X⌒X)فإنه عادة يكون كروموسومى الجنس مســـومان بالجين المتنحى y الخاص بلون الجسم الأصفر yellow body. ويلاحظ فى هذه الطريقة أن أى طفرة مرتبطة بالجنس وذات تأثير مظهرى وتحدث فـــى الـــذكور سوف تظهر مباشرة فى نسلة فى الجيل الأول حيث لا تظهر ذكور على الإطلاق إذا كانت هذه الطفرة مميتة. والشكل (٢-٦) يوضح خطوات إجراء هذه الطريقة.

إناث تحتوى على كروموسومى جنس متصلين

ذكور عادية معاملة (?)



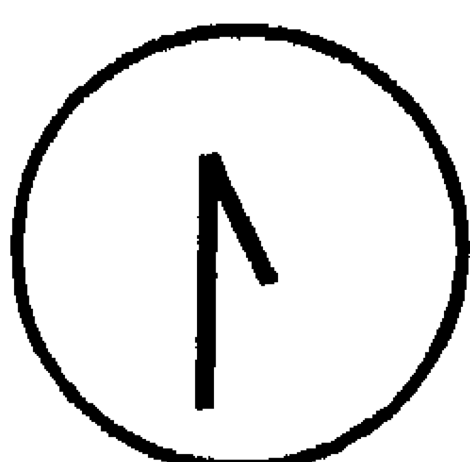
X

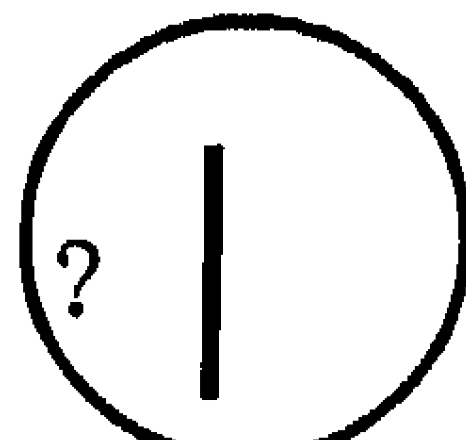


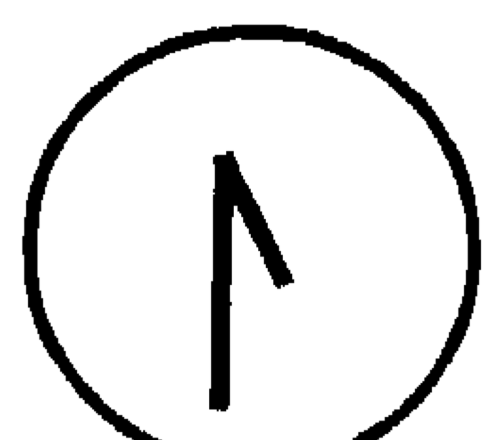


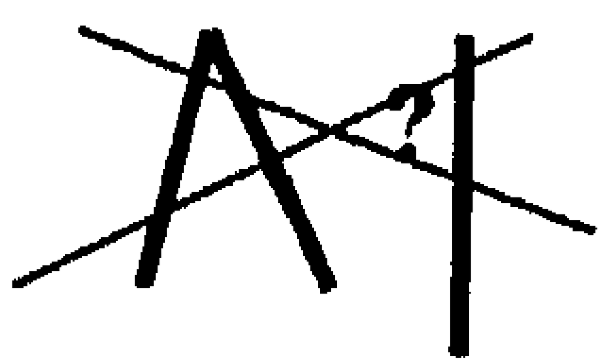
الجاميطات



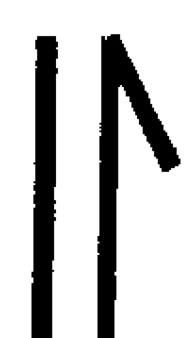














إناث فائقة عادة تموت

إناث تحتوى على كروموسومى جنس متصلين

تموت إذا كانت حاملة للطفرة المميتة

تموت

شكل ٢-٦: طريقة كروموسومى الجنس المتصلين لتعيين طفرة متنحية مرتبطة بالجنس.

٢- تعيين الطفرات المحمولة على الكروموسومات الجسمية

يستخدم لتعيين هذا النوع من الطفرات المستحدثة سلالة من ذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر تعرف بإسم المتوازنة balanced. فالسلالة المستخدمة فى هذا التكنيك وهى السلالة CyL / Pm هى سلالة متوازنة. وهذه السلالة دائما خليطة لهذا التركيب وسميت متوازنة لأنه لا يمكن الحصول بتربيتها تربية داخلية على أفراد أصيلة. بمعنى أنه لا يمكن الحصول على التركيبين CyL / CyL أو Pm / Pm حيث أن هذين التركيبين مميتان للذباب الحامل لهما، أما وجودهما فى الحالة الخليطة فغير مميت. ويعرف هذا بالنظام المميت المتوازن balanced lethal system.

فالجين الطافر أجعد الجناح Curly wing (Cy) والجين الطافر فصى العين Lobe eye (L) موجودان على أحد كروموسومى الكروموسوم الثانى. بينما يوجد الجين الطافر برقوقى العينيين Plum eyes (Pm) على الكروموسوم المناظر (المماثل). وكل من الكروموسومين يحمل بجانب ذلك إنقلابا لمنع حدوث العبور. ومثل هذه السلالات المميتة المتوازنة مفيدة جدا فى التجارب الوراثية .

وحيث أن الطفرات المميتة المتنحية الموجودة على الكروموسومات الجسمية دائما توجد فى حالة خليطة سواء كانت تلقائيا أو مستحدثة ، لذلك فإن طريقة تعيينها يتطلب الحصول عليها فى حالة أصيلة. واستخدام السلالات المميتة المتوازنة يسهل هذا التعيين بالرغم من أن تعيين الطفرات المحمولة على الكروموسومات الجسيمة عملية شاقة بعض الشئ ويتطلب إجراء عدة تلقيحات. والطريقة المتبعة فى هذه الحالة هى :-

١- تأخذ ذكر معامل بالأشعة (أو بأى مادة كيميائية مثلا) ونجعله يلقح إناثا من السلالة الإختبارية المتوازنة CyL / Pm.

٢- نأخذ ذكور من نسل التلقيح الأول ويلقح بها إناث من السلالة الإختبارية المتوازنة ليعطى نسل التلقيح الثانى .

ويلاحظ فى هذا التلقيح أن يؤخذ ذكر واحد ويوضع مع عــدد مــن إنــاث السلالة الإختبارية المتوازنة فى البيئة المغذية. ويتكون نسل التلقيح الثــانى مــن أربعة مجاميع أحدهما CyL / CyL وهذه تموت كما ذكرنا سابقا بينمــا الثلاثــة مجاميع الباقية يمكن تمييزها عن بعضها مظهريا. أحد هذه المجاميع الثلاثة هــى برقوقية العينيين والثانية ذات جناحين أجعدين وعينين فصيين وبرقوقيــة اللــون والمجموعة الثالثة ذات جناحين أجعدين وعينين فصيين حمراوى اللون.

٣- تؤخذ الإناث ذات الجناحين الأجعدين والعينين الفصيين حمراوى اللون (? / CyL) وتلقح مع ذكور من نفس زجاجة التربيــة وذات الشــكل المظهــرى المماثل (? / CyL) لتعطى نسل التلقيح الثالث. يلاحظ فى هذا الجيل أن ربع نسل الزيجات الناتجة ستموت لكونها أصيلة التركيب CyL / CyL. ومن بين النســل الذى لن يموت ســنجد أن ثلثــى هــذه الأفــراد ســيحمل الكروموســوم CyL والكروموسوم الثانى المراد إختباره لوجود طفرات علية. بينما الثلث البــاقى مــن الأفراد سيكون أصيلا للكروموسوم الثانى المختبر لوجود طفرات علية. فإذا كان هذا الكروموسوم يحمل طفرة مميتة فإن الأفراد الأصيلة لهذا الكروموسوم ستموت. بينما إذا كانت الطفرة شبة مميتة فإن حيوية الأفراد الأصيلة لهــذا الكروموســوم الثانى ستنخفض وبذلك تكون نسبة هذه الأفراد إلى المجموع الكلى أقل من 33%. و الشكل (٣-٦) يوضح خطوات إجراء هذه الطريقة.

ذكر برى ? X أنثى مجعد برقوقى Cy L / Pm

Pm / ?	Pm / ?	Cy L / ?	Cy L / ?
جناح عادى وعين عادية برقوقية	جناح عادى وعين عادية برقوقية	مجعد فصى أحمر	مجعد فصى أحمر

التلقيح الثانى :-

ذكر مجعد فضى أحمر Cy L / ? X أنثى مجعد فصى برقوقى Cy L / Pm

Pm / ?	Cy L / Pm	Cy L / ?	Cy L / Cy L
جناح عادى وعين عادية برقوقية	مجعد فصى برقوقى	مجعد فصى أحمر	يموت

التلقيح الثالث :-

ذكر مجعد فصى أحمر Cy L / ? X أنثى مجعد فصى أحمر Cy L / ?

? / ?	Cy L / ?	Cy L / ?	Cy L / Cy L
يموت إذا كان الكروموسوم يحمل جين مميت	مجعد فصى أحمر	مجعد فصى أحمر	يموت

شكل ٣-٦: طريقة CyL/Pm لتعيين الطفرات المرتبطة بالكروموسومات الجسمية .

خامسا: الطفرات فى العشائر الإنسانية

حيث أن الانسان لا يمكن إعتباره ولا يمكن أخذه كمادة تجرى علية التجارب وحيث أنه لا يمكن إجراء الإنتخاب الصناعى فيه لذلك فإن القيم المحتملة للطفور فى الحيوانات المستأنسة والنباتات لا تسرى على الإنسان. غير أن الجنس البشرى يحتوى كذلك على تصنيفات. من المحتمل جدا أن هذه التصنيفات قد نشأت عن عملية طفور منذ زمن بعيد مضى. وحيث أن معظم الطفرات الجديدة ضارة فى البيئات العادية لذلك من المستحسن تجنب تعرض الجنس البشرى للمؤثرات الطافرة مثل الإشعاعات بأنواعها المختلفة وكذلك المواد الكيميائية التى ثبت بالتجارب العملية والأبحاث العلمية ضررها. وقد قسم العلماء الضرر الناتج عن التعرض لمثل هذه المؤثرات إلى قسمين. القسم الأول هو الضرر المباشر الذى يظهر على الفرد مباشرة مثل الحروق أو التسمم أو الغثيان أو الصدمات العصبية وغير ذلك من الآثار. أما القسم الثانى فهو الأكثر والأشد والأخطر ضررا حيث أن قد يغير من الجينات (عن طريق احداث طفرات) أى يغير من التركيب الكيميائى للجينات أو قد يحدث شذوذات كروموسومية وذلك فى النسيج التناسلى للأفراد الموجودة حاليا والتى ستؤثر بالتالى سلبا على الأجيال التالية.

وكما ذكرنا أن الأضرار المباشرة التى تظهر على الإنسان كالحروق والتسمم وغير ذلك يمكن ملاحظتها إما على أنسجة الجسم أو على الحالة العامة للفرد. هذه الأضرار قد لا تلاحظ تحت الجرعات المنخفضة. ولكن وجد أن هذا النوع ذاد من معدل الإصابة بمرض الليوكيميا Leukimia (سرطان الدم) وقصر فى العمر هذا إذا تعرض الفرد للإشعاعات أو الأنواع المعينة منها. وعندما تكون جرعات الإشعاع فى حدود 50 ميللى رونتيجن milli-roentgens أو أقل فلا يمكن ملاحظة أى ضرر غير أنه قد يحدث بعض التأثيرات الضارة الغير مشاهدة. عموما فمن الصعوبة تقويم هذه النتائج حاليا. وإذا لم يتعد التعرض للإشعاع

الجرعة المسموح بها فإن الجرعة تعتبر جرعة أمان safe dose. فالجرعات التى يصفها الاطباء لعلاج بعض الأمراض مثل السرطان تتطلب تقديرا دقيقا وإجراء موازنة بين الإستفادة العامة من الجرعة والضرر المحتمل والشفاء الجزئى أو التام من الضرر. أما بالنسبة للقسم الثانى فلا يمكن تعيين الضرر الذى يحدث فى الخلايا التناسلية ولكن يظهر التأثير فقط فى أفراد الأجيال التالية. ويوجد كثير من الأدلة على أن التعرض لجرعات مرتفعة لأى نوع من الإشعاعات ضار سواء بالنسبة للنوع أو القسم الأول أو النوع الثانى.

والطفور على علاقة موجبة بالجرعة وأن التأثير مجمع. فمثلا إذا عرضت حيوانات منوية للدروسوفلا لجرعة من الأشعة قدرها 100r (r = roentgen) كل أسبوع ولمدة عشرة أسابيع فإنها ستعطى نفس العدد من الطفرات كما لو كانت أعطيت 700r فى جرعة واحدة. ولا يمكن التوصل إلى هذه العلاقة فى الإنسان تجريبيا. ولقد أجريت دراسات على الأفراد الذين لم يموتوا بعد إلقاء القنبلتين الذريتين على هيروشيما وناجازاكى فى اليابان عام 1945 أواخر الحرب العالمية الثانية. دلت البيانات المتحصل عليها مدى الأضرار والتشوهات التى فاقت كل التوقعات على الأبناء الذين ولدوا لهؤلاء الأباء. ومازال أبناء هؤلاء الأبناء يعانون من مثل هذه الأضرار والتشوهات الوراثية. عموما يمكن القول بأن تأثير الإشعاع على الإنسان ينطبق على جميع الكائنات الأخرى .

ومن الصعوبة بطبيعة الحال قياس نسبة الجينات المميتة lethal genes وشبة المميتة semi – lethal والمقللة للحيوية sub – vital بالطرق السهلة والدقيقة كما قدرت فى حالة ذبابة الدروسوفلا. ولقد ناقش العالم مولر Muller هذه الحالة – فى الإنسان – ولكن على أسس نظرية. ويجب التنويه على أن حالة التوازن الوراثى للجينات ضارة التأثير deleterious genes فى العشائر المندلية تعتمد على ظهور الطفرات وقوه معارضة الإنتخاب لها حيث وجد أن حالة الإتزان لجين مطفر سائد p هى $\frac{u}{s}$ وللجين المطفر المتنحى هو $\sqrt{\frac{s}{n}}$. فإذا فرضنا

وجود عشيرة من بنى الإنسان خالية تماما من أى مرض وراثى ثم ظهرت طفرة مسببة فى ظهور مرض فإن هذه الطفرة سوف تتجمع فى العشيرة التى ينتمى إليها هذا الشخص بمرور الزمن ولكن جزءا منها يفقد بواسطة أثر الإنتخاب الطبيعى إلى أن تصل هذه العشيرة إلى حالة إتزان. معنى هذا أن نسبة ظهور الطفرة متعادل مع نسبة إختفائها من العشيرة بواسطة الإنتخاب الطبيعى. أطلق مولر Muller على هذه الحالة إسم الموت الوراثى حيث يختفى أثر الجين الضار إن عاجلا أو آجلا. ويمكن لهذا الجين الضار أن يختفى أثره أيضا نتيجة وجودة فى فرد عقيم وكنا قد ذكرنا سابقا أن العقم نفسه يدخل تحت الموت الوراثى. وعلى ذلك فإن أى جين ضار فى أى عشيرة ينتهى أثره بواسطة الموت الوراثى ويفقد من العشيرة.

لقد أصبح من المعروف أن كل جين فى التركيب الجينى لأى فرد له القدرة على الطفور وعلى أن يظهر من أثره الضار. وإذا أخذنا فى الإعتبار أن معدل الطفور (أى سرعة الطفرة) فى العشائر البرية فى كل جيل هى 10^{-5} أى أن كل جين من جينات التركيب الجينى له الفرصة بحوالى 0.000001 فى أن يطفر إلى طفرة مميتة. هذه السرعة أو هذا المعدل يختلف من جين إلى آخر فتظهر الطفرات فى بعض جينات بنسبة أعلى من جينات أخرى. وبتطبيق هذه النظرية على العشائر الإنسانية ذكر مولرMuller أنه ربما تكون سرعة الطفرة فى الإنسان أكبر مما فى عشائر الدروسوفلا. وقد حاول هالدان Haldane أن يقدر معدل ظهور الطفرات فى الإنسان لبعض الأمراض كمرض سيولة الدم hemophilia وكذلك لمرض قزمية الأذرع والأرجل achondroplasia فوجدها 10^{-4}.

وبالمقارنة بذبابة الدروسوفلا نجد أن الإنسان والدروسوفلا يحتوى كل منهما على عديد من الجينات الغير معروف عددها بالضبط فقد يتراوح هذه العدد فى الدروسوفلا حوالى عشرة آلاف جين وربما يحتوى الإنسان لتركيبة الوراثى المعقد على أكثر من هذا العدد من الجينات. فإذا فرض وأن معدل أو سرعة

الطفور لكل جين فى الدروسوفلا هى 10^{-5} وضربت هذه السرعة أو هذا المعدل فى عدد الجينات المحتمل وجودها فى التركيب الجينى لهذه الأفراد وهى 10000 جين فإننا نصل إلى القول بأن فى كل جيل من الأجيال أن نسبة مئوية من الجاميطات تحتوى على واحد أو إثنين من الجينات المطفرة على كل كروموسوم. ولقد ذكر مولر Muller أن هذه النسبة المئوية تقدر بحوالى 5% من جاميطات الدروسوفلا ترتفع هذه النسبة إلى حوالى 7% من جاميطات الإنسان . ويجب ملاحظة أن بعض الأفراد تحمل أكثر أو أقل من هذه النسبة والبعض الآخر من الأفراد لا تحمل جينات مطفرة على الإطلاق .

ولمعرفة الأهمية العملية لمعرفة نسبة ظهور هذه الطفرات الضارة فى العشائر يجب الأخذ فى الحسبان ما يلى :-

أ- إذا وجدت عشيرة فى حالة إتزان فإن نسبة الموت الوراثى لابد وأن تساوى ظهور الطفرات الضارة.

ب- لا توجد سيادة تامة - كما وجد مولر Muller - للجينات المسببة للأمراض الوراثة والتى يتسبب عنها موت الفرد المتماثل لهذا الجين.

جـ - الأفراد غير المتماثلة فى تركيبها الجينى للجين المميت لابد وأن يظهر عليها أثر هنا الجين (سيادة غير تامة) . فإذا كانت هذه الحالة هى حالة حقيقية فى الإنسان فإن النسبة السابق ذكرها وهى 7% من جاميطات الإنسان لا يختفى فيها أثر الجينات المميتة تماما فى حالة عدم تماثلها ولكنها تسبب فى سوء صحة الفرد الحامل لها. وكلما زادت نسبة هذه الجينات كلما ظهر الأثر الضار جدا لهذه الجينات فى الإنسان.

وعلى ذلك فكلما زاد معدل أو سرعة ظهور الطفرات فى الإنسان كلما ساءت وتدهورت حالة العشيرة نفسها. ومن هنا يمكن مناقشة أثر الاشعاعات الذرية والناتجة عن تفجيرات القنابل الذرية والتى يتسبب عنها سرعة ظهور

الطفرات الضارة التى قد تؤدى إلى موت العشيرة بأكملها فى نهاية الأمر. كما أنه يمكن الوصول إلى نفس النتيجة إذا أستعلمت أشعة X (X – rays) بكثرة في معالجة بعض الأمراض وأن الطفرات التى يسبب ظهورها كثرة إستعمال هذه الأشعة تتجمع ويظهر أثرها فى أفراد الأجيال القادمة. ولقد أجريت عدة دراسات فى مستشفيات أمريكا لمعرفة ودراسة أثر كثرة إستعمال أشعة X على المرضى فوجد أن وصول هذه الأشعة إلى الغدد التناسلية سواء المذكرة أو المؤنثة – لا يوجد حدود للجرعات المستعملة المختلفة – كاف لإظهار طفرات ضارة لأفراد الأجيال القادمة.

ولقد توصل العالم مولرMuller من دراسة منفصلة إلى معرفة أن معدل الطفور u لأى جين من جينات الإنسان يزداد تدريجيا بتعرض الإنسان لأى مصدر إشعاعى .وأن معامل الإنتخاب الطبيعى s يقل تدريجيا وتلك تبعا للمعادلة العامة والسابق ذكرها $\sqrt{u/s}$. وعلى ذلك فإن زيادة التكرار الجينى للجينات الضارة بالإنسان تؤدى قطعا إلى ضرر بالغ وذلك بظهور الأثر المميت لهذه الجينات فى أفراد الأجيال التالية مما قد يؤدى فى النهاية إلى تدهور فى العشيرة الإنسانية. لذا يجب التحذير أنه لا يجب تعريض أفراد من بنى الإنسان سواء ذكور أو إناث إلى أية جرعات من أى نوع من أنواع الإشعاعات إلا للضرورة القصوى ولجرعات معينة تأكد بالدراسة أنها آمنة. وعدم التعرض لجرعات متكررة حتى ولو كانت ضئيلة منعا للتأثير المجمع الضار. مثل هذا التحذير ينطبق على التعامل مع أى مؤثرات أخرى تسبب أضرارا وراثية مثل المعاملة بالمواد الكيميائية المختلفة إلا بعد إجراء الإختبارات اللازمة عليها.

سادسا: الطفرات الطبيعية أو التلقائية Spontaneous mutations

الطفرات التلقائية هى التى تحدث بدون سبب معلوم. وهى قد تكون تلقائية فعلا وناتجة عن المعدل الضئيل من أخطاء التمثيل الغذائى التى تحدث طبيعيا فى تضاعف الحامض النووى الـ DNA أو قد تنتج عن عوامل مطفرة موجودة

بالبيئة. والطفرات التلقائية نادرة الحدوث برغم أن تكرارها يختلف من جين إلى آخر ومن كائن إلى آخر. وتتراوح قياسات تكرارات الطفرات التقدمية التلقائية لمختلف الجينات فى البكتيريا والفاج بين 10^{-8} و 10^{-10} لكل زوج من أزواج النيوكليوتيدات فى الجيل الواحد. وفى حقيقيات الأنوية يتراوح معدل الطفرات التقدمية بين 10^{-7} و 10^{-9} لكل زوج من النيوكليوتيدات فى الجيل. بينما تؤدى المعاملة بالمطفرات إلى زيادة تكرار الطفرات بدرجات كبيرة. فتكرار الطفرات لكل جين فى البكتيريا والفيروسات على سبيل المثال يتعدى 1% عند المعاملة بمطفر كيميائى قوى. أى أن ما يزيد على 1% من جينات الكائنات المعاملة ستتضمن طفرات.

سابعا: الطفرات المستحدثة Induced mutations

الطفرات المستحدثة induced mutations هى تغير مفاجئ فى المادة الوراثية نتيجة تعرضها لعامل معين (أشعاع أو مادة كيميائية) وذلك بفعل الإنسان. ولقد بدأ الإهتمام بالطفرات الصناعية منذ عام 1927 حيث أوضحت أبحاث العالم Muller أن أشعة X (الأشعة السينية) يمكن أن تحدث طفرات صناعية لا يمكن تمييزها عن الطفرات الطبيعية. ثم جاء العالم Stadler 1928 الذى أعلن أن معدل حدوث الطفرات فى الشعير قد زاد نتيجة تعريض البذور لأشعة X. ومنذ ذلك الوقت أدت هذه الإكتشافات إلى الإهتمام بإحداث الطفرات صناعيا واستغلالها فى تربية النبات كمصدر من مصادر الإختلافات الورثية التى يعمل عليها المربى إلا أن إنتشار هذه الطريقة بين المربين كان بطيئا وذلك للأسباب الآتية :-

١- ثبت أن الطفرات الصناعية مثلها مثل الطفرات الطبيعية فمعظمها ضار ولذلك فإن إحتمالات النجاح فى الحصول على صفات مرغوبة ضئيلة.

٢- وجود الأنواع والطرز البرية أو غير البرية والتى تحمل كثير من الجينات المتحكمة فى الصفات المرغوبة فى صورة مجموعات وراثية ويمكن لمربى النبات الحصول عليها بسهولة إما فى بلده أو فى البلدان الأخرى. لذلك كان من

الأسهل على المربى الحصول على مثل هذه الأصول الوراثية عـن إسـتخدام الطفرات الصناعية.

٣- معدل حدوث الطفرات منخفض جدا لذلك لابد من إستخدام عدد كبير مـن النباتات لإحداث الطفرات والإنتخاب.

٤- إن فحص هذه العشائر الكبيرة للتعرف على الطفرات وإنتخابها يحتاج إلى وقت طويل.

ولذلك كانت أعداد الأصناف الناتجة باستخدام الطفـرات أقـل بالمقارنـة بطريقة التهجين والإنتخاب. ولكن حديثا مع التقدم السريع فى التكنولوجيا الحيوية واستخدامها فى إحداث الطفرات والإنتخاب المعملى للحصول على هذه الطفـرات حدث تقدم فى إستخدام الطفرات فى تربية النبات وإنتاج الأصناف المرغوبة.

وتوجد وسائل كثيرة لإحداث الطفرات صناعيا Mutagenic agents ولكـن أهمها وأكثرها إنتشارا :-

أ- مطفرات فيزيائية Physical mutagenesis بأستخدام أنواع مختلفة مـن الأشعة.

ب- مطفرات كيميائية Chemical mutagenesis.

أولا: الأشعة المحدثة للطفرات

يعتبر العالم مولر Muller عام 1927 هو أول من إكتشف أن الطفرات يمكن إستحداثها بمعدل أكبر وذلك باستخدام أشعة إكس X-rays. ولقد أوضحت التجارب فيما بعد أن الإشعاعات بأنواعها المختلفة لها القدرة على إحداث الطفرات.

وتقسم الأشعة حسب طريقة تأثيرها إلى مجموعتين هما :-

١- الأشعة غير المؤينه Non-ionizing radiations ومن أمثلتها الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet rays والأشعة تحت الحمراء.

٢- الأشعة المؤينه Ionizing radiations ومن أمثلتها: أشعة إكس X-rays وأشعة ألفا alpha rays وأشعة بيتا beta rays وأشعة جاما gamma rays وكذلك الإشعاعات ذات التأيين الكثيف مثل النيترونات. وأيضا النظائر المشعة Isotopes لبعض العناصر خصوصاً الفوسفور المشع (P^{32}) والكبريت المشع (S^{35}).

والنظائر المشعة Isotopes تعتبر من أهم مصادر الأشعة المؤينة ، إذ أنها تنتج طاقة فى صورة جزيئات particles أو موجات waves وكلاهما يعد إشعاعا radiation. وتكون الجزيئات المنطلقة من العناصر المشعة ذات طاقة عالية، ويمكنها أن تنقل طاقتها الكامنة هذه إلى أى وسط تمر فيه وتعرف هذه الأشعة بإسم الأشعة الجزئية particulates or corpuscular radiations. أما الموجات التى تنطلق من العناصر المشعة فإنها تكون قصيرة جداً ذات طاقة عالية جداً. وتحدث إضطربات كهربائية ومعناطيسية فى تركيب الوسط الذى تمر فيه وتعرف هذه الأشعة بإسم الأشعة الكهرومغناطسية electromagnetic radiations.

وتشمل الأشعة الجزئية corpuscular radiations على كل من النيترونات البطيئة slow neutrons وجزيئات ألفا وبيتا أما الأشعة الكهرومغناطيسية فإنها تتضمن كلا من أشعة X وأشعة جاما.

وتستخدم الوحدات التالية فى قياس جرعات الأشعة المؤينة :-

أ- الرونتجن Roentgen: تقاس به جرعات أشعة إكس X وأشعة جاما خاصة فى الهواء.

ب- مكافئ الرونتجن الفيزيائى Roentgen equivalent physical (rep):
تقاس به الأشعة الجزئية particulate irradiation خاصة فى الأنسجة الطرية soft tissues فى الدراسات الفسيولوجية.

جـ- جرعة الإشعاع الممتصـــة Radiation absorbed dose (الـــراد rad)
تقاس بها كل أنواع الأشعة فى الدراسات البيولوجية والفيزيائية وتعتبـــر (الراد) وحدة إمتصاص وهى أكثر الوحدات إستعمالا.

ويكون للعوامل المحدثة للطفرات تأثيرات فسيولوجية وأخرى وراثية علـــى النباتات المعاملة يمكن تلخيصها فيما يلى :-

١- التأثير الفسيولوجى

يظهر على شكل زيادة فى قوة النمو النباتى فى الجيـــل المعامـــل. فتـــؤدى معاملة البذور إلى زيادة فى قوة نمو البادرات التى تنمو منهـــا. وتـــؤدى معاملـــة الأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر إلى زيادة فى قوة نمو النباتات التى تنتج منها مع زيادة فى سمك الأوراق أو ظهور تعريق غير عادى بها.

ويختفى هذا التاثير الفسيولوجى فى مرحلة متأخرة من حياة النبات ولا يظهر فى الجيل التالى سواء كان التكاثر جنسى أو خضرى ولا يمكن التمييز بين التأثير الفسيولوجى والطفرات الحقيقية إلا فى الجيل الثانى بعد المعاملة.

٢- التأثير الوراثى

يظهر على شكل طفرات عاملية. أو تحورات كروموسومية أو كليهما معـــا. وتكون معظم الطفرات ضارة وغالبيتها متنحية خاصـــة فـــى النباتـــات الثنائيـــة المجموعة الكروموسومية. بينما تكثر الطفرات السائدة سيادة تامة أو جزئية فـــى النباتات المتضاعفة. ولقد أستنتج من عديد من الدراســـات علـــى أن كثيـــرا مـــن الطفرات التى يحدثها الإشعاع قد تكون على صورة نقص فى جزء صـــغير مـــن

الكروموسوم. إلا أنه حدث إرتداد للحالة الأصلية فى بعض الطفرات مما يدل على عدم صحة الرأى القائل بالنقص الكروموسومى. وإذا حدثت الطفرات نتيجة للنقص الكروموسومى فإنها تكون غير ذات قيمة فى تحسين المحصول. ويكون لـــبعض الطفرات تأثير متعدد pleiotropic effect ويكون بعضـــها مرتبطـــا بطفـــرات أخرى. كما يمكن أن تحدث الطفرات فى الصفات الكمية ومن أمثلة ذلك أنه أمكن الحصول على سلالات من الفول السودانى- بعد معاملته بالإشعاع- كانت أعلـــى محصولا من الصنف الأصلى. أما التحورات الكروموسومية فإنها تكون ذات تأثير سلبى غالبا إلا أنها تسمح للمربى بتغيير تركيب الكروموسومات بالطريقـــة التـــى يراها مفيدة لتحقيق أهداف برامج التربية.

ويحدث التأثير المطفر للمعاملة بالعوامل المطفرة بإحدى طريقتين أو بكليتهما كما يلى :-

أ- التأين Ionization : يحدث التأين حينما تتصادم الأشعة ذات الموجـــات الضوئية القصيرة جدا مع الذرات التى يتكون منها النسيج النباتى المعامل. يـــؤدى هذا التصادم إلى إطلاق إليكترونات من هذه الـــذرات مخلفـــة وراءهـــا أيونـــات وتتصادم الإلكترونات المنطلقة بدورها مع ذرات وجزيئات أخرى لتخلف وراءها مزيدا من الأيونات وينطلق منها مزيدا من الإلكترونات. وبذلك تتجمع الإلكترونات فى مسار الأشعة وتكون الذرات المتأينة أكثر قابلية للتفاعلات الكيميائية. وإذا حدث ذلك فى الذرات التى يتكون منها جزئ الحامض النووى الـــ DNA فإنه يؤدى إلى ظهور طفرات.

وتختلف الطريقة التى يحدث بها التأين بإختلاف الأشعة المؤينـــة. فتحـــدث الأشعة الجزيئية particulate radiation تأثيرها عندما يمر جـــزئ ســـريع ذو شحنه موجبة فى المادة، حيث يقوم بجذب إلكترون من مدار إحدى الذرات فتصبح تلك الذرة أيونا موجبا. أما الأيون المنطلق منها فإنه يتصل بذرة أخـــرى فتصـــبح

بذلك أيونا سالبا. أما النيترونات السريعة الحركة فإنها تتصادم مع نواة الذرة ممـا يؤدى إلى إثارتها وإنطلاق الجزيئات الموجبة الشحنة منها وهو ما يؤدى إلى مزيد من التأين بإزلة الإلكترونات من المدار الخارجى لذرات أخرى وهكذا. أما الأشعة الكهرومغناطيسية فإنها تحدث التأين بطريقة ثانوية حيث تؤدى الطاقة التى يكتسبها الوسط من هذه الموجات إلى إحداث حالة من عدم الثبات ويتبعها فقدان إلكترونات من المدرارت الخارجية للذرات، تحدث بدروها مزيدا من التأين.

ب- الإثارة : تحدث الإثارة عند المعاملة بالأشعة فـوق البنفسـجية ، حيـث تمتصها البيورينات purines والبيرميـدينات pyrimodines التـى توجـد فـى الحامض النووى الـ DNA. وتؤدى الأشعة إلى رفع إلكترونات الذرة التى تكون فى طريقها إلى مدرات أعلى يكون مستوى الطاقة فيها أكبر. وتكون هذه الـذرات المثارة أكثر قابلية للتفاعلات الكيميائية وهو مايزيد من فرصة حدوث الطفرات.

وفيما يلى توضيح لأهم أنواع الأشعة المستخدمة فى إستحداث الطفرات.

١- الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet radiation

وتحدث تأثيرها بواسطة الإثارة التى تسرع من التفـاعلات الكيميائيـة فـى الأنسجة التى تتعرض لها. ويكون تأثيرها سطحيا أى أنها غير متعمقة وتؤثر على طبقة رقيقة جدا على السطح المعرض لها من النبات. ووجـد أنهـا فعالـة عنـد إستخدامها حبوب اللقاح والقمم النامية للجذور. وتكون أغلب الطفرات التى تحدثها من النوع العاملى. وإذا أحدثت الأشعة كسورا كروموسومية فإنها تكـون طرفيـة عادة. وغالبا ما يلتحم الجزء المكسور فى مكانه الأصلى أو يفقد بما يحملـه مـن جينات.ولا تسبب تغيرات كروموسومية كبيرة وعلى هذا فإنها تعطى كميات مـن الطفرات الجينية أكبر منها فى حالة أشعة X. ويعاب على الأشعة فوق البنفسـجية أنها لا تتعمق كثيرا فى الأنسجة المعاملة وهو ما يحد من إستعمالها.

٢- أشعة ألفا Alpha- rays

يحصل على أشعة ألفا من النظائر المشعة مثل الفوسفور المشع الفوسفور 32 (P^{32}) أو الكبريت المشع (S^{35}) والكربون المشع الكربون 14 (C^{14}) وهى أشعة جزئية particulate. وهى عبارة عن أنوية الهليوم إذ تتكون من جزيئات يحتوى كل منها على عدد 2 بروتون و 2 نيترون وتكون بالتالى ذات شحنة موجبة وهى خطرة جدا إذا وصلت إلى جسم الإنسان. ولكن يمكن الحماية منها بورقة رقيقة. ولا يتعدى إختراق هذه أشعة للأنسجة النباتية أكثر من جزء صغير من المليمتر ذلك لأنها تحمل شحنة موجبة فتقل سرعتها تحت تأثير الشحنات السالبة التى توجد فى المادة. وأشعة ألفا تحدث تأينا شديدا وتتسبب فى حدوث تحورات كروموسومية غالبا.

٣- أشعة بيتا Beta - rays

قد تكون هذه الأشعة خطرة على الإنسان ويمكن الحماية من أخطارها بلوح سميك من الكرتون. وتخترق أشعة بيتا الأنسجة النباتية لمسافة عدة ملليمترات فقط لأنها تحمل شحنات سالبة، فتقل سرعتها تحت تأثير الشحنات الموجبة التى توجد فى المادة. وتحدث أشعة بيتا تأثيرها بطريقة التأين ولكن بدرجة أقل من أشعة ألفا وتسبب فى حدوث طفرات عاملية وتحورات كروموسومية. وتعامل بأشعة بيتا كل من البذور والبادرات ولكن يغلب إستعمالها فى معاملة البذور. وتغمر الأجزاء النباتية التى يراد معاملتها مدة مناسبة فى تركيز مناسب من محلول مائى لأحد المركبات التى يدخل العنصر المشع فى تكوينها. وقد يضاف المحلول للتربة التى تنمو فيها النباتات فى بعض الحالات.

٤- أشعة جاما Gamma rays

تنتج هذه الأشعة من الكوبلت المشع أو من النظائر المشعة. وتستعمل هذه الأشعة لتشعيع النبات الكامل (بذور وبادرات ونباتات نامية فى الأصص) أو أجزاء

منه أو حبوب اللقاح. ويستخم العنصر المشع فى حقول النباتات المعاملة به فيوضع فى مراكز دائرة وتزرع النباتات فى شكل دوائر حول هذا المركز. وتحدث الأشعة تأثيرها بطريقة التأين وينتج عنها طفرات عاملية وتحورات كروموسومية كثيرة.

٥- أشعة X- rays

تحدث تأثيرها عن طريق التأين وينتج عنها طفرات عاملية وتحورات كروموسومية. وبينما تتناسب أعداد التحورات أو الشذوذات الكروموسومية التى تحدثها أشعة X لوغارتميا مع الجرعة فإن أعداد الطفرات العاملية تتناسب خطيا معها. لذا نجد أن العدد الأكبر من التحوارت الكروموسومية التى تحدثها المعاملة يضع حدا أعلى للجرعة التى يمكن إستعمالها وهو ما يحد من عدد الطفرات العاملية التى يمكن إحداثها. وتختلف الجرعة التى يتعين إستعمالها من أشعة X بإختلاف النوع النباتى والجزء المعامل من النبات والعوامل البيئية.

وتفضل أشعة إكس عن غيرها من الأشعة المحدثة للطفرات للأسباب التالية :-

أ- تعتبر الأجهزة المولدة لأشعة X فى متناول اليد ويسهل تشغيلها.

ب- تسهل معاملة البذور والأجزاء النباتية الأخرى بالأشعة.

جـ- من السهل تقدير الجرعة المناسبة من الأشعة وقياسها.

د- يمكن وقف تشغيل الأجهزة المولدة لأشعة X عند إنتهاء المعاملة. بخلاف العناصر المشعة التى تشع بصورة مستمرة.

هـ - لا توجد مشاكل تتعلق بإستعمال أشعة X كتلك الخاصة بمشاكل التداول أو التلوث بالعناصر المشعة.

و- تستعمل أشعة X فى معاملة البذور والبادرات.

٦- البروتونات أو الديوترونات

تولد البروتونات أو الديوترونات بواسطة المفاعلات النووية. وهى أشعة جزئية عبارة عن أنوية ذرات الأيدروجين العادى بالنسبة للبروتونات وأنوية ذرات الأيدروجين الثقيل بالنسبة للديوترونات. وهى خطرة جداً على الإنسان ويمكن الحماية من أخطارها بعازل من الماء أو البرافين يبلغ سمكه عدة سنتيمترات. وهى تخترق الأنسجة النباتية لعدة سنتيمترات. وتعد من الأشعة المؤينة وينتج عنها طفرات عاملية وتحورات كروموسومية.

٧- النيترونات البطيئة والسريعة

ينتج عنها طفرات عاملية وتحورات كروموسومية حيث تحدث تلف كبير للكروموسومات. وتستعمل هذه الأشعة فى معاملة البذور والبادرات خاصة البذور. والأجزاء النباتية المعاملة بالنيترونات تحتفظ بجزء من الإشعاع وتظل مشعة لفترة قصيرة من الوقت بعد المعاملة. لذلك يجب الحذر حتى لا تسبب أضرارا للعاملين بهذا المجال.

٨- أشعة الليزر. وهى طريقة حديثة وعالية الدقة.

ثانيا: مطفرات كيميائية Chemical mutagenesis

لقد أوضحت نتائج كثير من التجارب والأبحاث أن الإشعاعات ليست وحدها ذات هذه الخاصية في إستحداث الطفرات بل فإن كثير من المواد الكيميائية المستخدمة في الصناعة والزراعة لها القدرة على إستحداث الطفرات. كل هذا قد يؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على معدل الطفور. فلقد أوضحت نتائج الأبحاث والدراسات التي قام بها المصري Masry عام 1968 أن كثير من مبيدات الآفات والحشرات التي تستخدم في العمليات الزراعية مثل المالاثيون والديبتركس وغيرها تؤدي إلى زيادة معدل حدوث الطفرات المميتة المتنحية المرتبطة بالجنس في حشرة الدروسوفلا علاوة على أن لبعضها تأثير على

إستحداث شذوذات (طفرات) كروموسومية. كما أوضحت أيضاً نتائج أبحاث كثير من العلماء أن غاز الخردل وحامض النيتروز ومادة الكولشسين لهم قدرة عالية على إستحداث الطفرات.

بعض المواد الكيميائية لها القدرة على إحداث تغيرات وراثية فـى الخلايـا وإنتاج طفرات chemical mutagenesis. ولأن المواد الكيميائيـة أسـهل فـى الإستعمال وأقل فى الخطورة من الإشعاع لذلك فإن هذه المواد الكيميائية أصبحت الآن مفضلة على الإشعاع فى إحداث الطفرات.

وتقسم المركبات الكيميائية المستحدثة للطفرات حسب فاعليتها إلى :-

١- مركبات شديدة الفاعلية فى إحداث الطفرات ولكنها خطـرة الإسـتعمال وسامة وقد تسبب الإصابة بالسرطان للإنسان ومن أمثلتها :-

- 1.4 – bisdiazoacety lbutane
- N-nitroso- n- methylurea (NEU)
- Ethylenimine (EI)

٢- مركبات فعالة فى إحداث الطفرات وشائعة الإستعمال ومن أمثلتها :-

- Azide, Colchicine ,
- Ethyl methane sulphonate (EMS)
- Diethyl sulphate (DES)
- Isopropyl methane sulponate (IPMS)
- Methyl methamnesulphonate (MMS)

٣- مركبات أقل فاعلية فى إحداث الطفلرات وأقل إستعمالا ومن أمثلتها :-

Malic hydrazide, Phenols

- Formalin , Adenine
- Caffeine
- Chloroacetone
- Dichloroacetone
- Potassium thiocyanate.

ويعد الإيثيل مثيان سلفونيت (EMS) أهم المركبـات المحدثـة للطفـرات وأكثرها إستعمالا وهو غير سام نسبيا. يستخدم المركب على صورة محلول مائى تنقع فيه البذور أو الجذور الصغيرة للنباتات التى يراد معاملتها. وأكثر الطفـرات التى يحدثها هى من النوع العاملى.

كما تقسم المركبات المحدثة للطفرات حسب المجموعة الكيميائية التى تنتمـى إليها إلى المجاميع التالية :-

١- مجوعة شبيهات القواعد Base analogues

تحل محل القواعد النيتروجينية فى الأحماض النووية ومن أمثلتها ما يلى :-

- Uracil – 5 –bromo
- 5- Bromodexoyuridine
- 2-Amino-purine.

ومن المركبات القريبة من شبيهات القواعد ما يلى :-

- 5-Elthoxy caffeine malic hydrazide
- Paraxanthina theohyline
- Nebularine

- Tetramethyluric acid
- Theobromine.

٢- مجموعة مضادات الحيوية Antibiotics ومن امثلتها ما يلى :-

- Azaserine
- Mitamycin C
- Streptonigrin
- Actinomy cin D.

٣- مجموعة المركبات القلوية Alkylating agents

تنتمى المركبات القلوية المحدثة للطفرات إلى مجاميع كيميائية مختلفة منها مركبات المسترد الكبريتية sulfur Mustards ومركبات المسترد النيتروجينية nitrogen Mustards والإبوكسيدات Epoxides والإيثيلين أمينات Ethleneimines والكبريتات sulfates والسلفوناتات Sulfonates والسلفونات sulfones واللاكتونات lactones والألديازوألكينات Adiazoalkanes ومركبات النيتروز Nitrozo compounds ومن أهم المركبات الكيميائية القوية المحدثة للطفرات ما يلى :-

- Aethy1-2 chloroethyl sulfide
- 2-Chloroethyl–dimthyl- amina
- Ethyleneimine,
- Diazomethane
- N- ethyl – N – nitrose urea.
- N- Butylmethanesulphonate.

- Cis- 1:4-dimethane sulphonate.
- P-N-di – (choloroethy)- phenylpropionic acid.
- P-N-di- (chloroethyl)- phenyl acetic acid.
- 1:2:3:4 – Diepoxy butane.
- D:P-N-di (chloroehteyl) Phenylami acetic acid
- 1:2/3:4 –Diepoxybutane
- D:p-N- dit (chloroethyl)- phenylalanine.
- L:p-N-di –(chloroethyl) – phenylalnine.
- 1:4 – Dimethanesul phozybut -2- ene.
- P-Np di (chloroethyl)-phenyl butyric acid.
- 2:4:6 – tri – (ethylenermino) – 1-3:5- tripzpne.

٤- مجموعة الأزايد Azide ومن أمثلتها Sodium azide.

٥- مجموعة الهيدركسيل أمين Hydroxylamine ومن أمثلتها Haydroxlamine.

٦- مجموعة حامض النيتروز Nitrous – Acid ومن أمثلتها Nitrous – acid

٧- مجموعة الاكريدينات Acridines ومن أمثلتها Acridine orange.

٨- مركبات أخرى ومن أمثلتها :-

- Potassium thiocyanate
- Dichloroacentone
- Choloacetone

- Manganese chloride phenol
- Formalin
- Ethyl carbamte

وبصورة عامة فإن المركبات الكيميائية تحدث تأثيرهــا بطريقتــي التــأين والإثارة وينتج عنها طفرات جينية أكثر من التحــورات الكروموســومية. إلا أن النسبة بين نوعى الطفرات يختلف بإختلاف المركب المستعمل.

الباب السابع

المخاطر الوراثية للتلوث البيئى

مقدمة

منذ منتصف القرن الماضى وإلى الآن شهد العالم تطورا سريعا فى كل من المجال الزراعى والصناعى. وهذا التطور السريع كان متلازما مع الحاجة إلى إستخدام العديد من المواد الكيميائية المختلفة فى كل من هذين المجالين مثل إستخدام الأسمدة أو المخصبات ومبيدات الآفات بأنواعها المختلفة فى المجال الزراعى وكذلك إستخدام المواد الكيميائية سواء التى تحتوى على معادن ثقيلة أو غيرها فى المجال الصناعى.

وخلال الفترة السابقة وإلى يومنا هذا إهتم علماء البيولوجى وعلماء البيئة بدراسة التأثيرات الضارة للتلوث البيئى الناتج عن الإستخدام المستمر والمكثف الذى إستعمله الإنسان فى معظم الدول الزراعية والصناعية بمثل هذه المركبات الكيميائية. وكان إهتمام علماء البيولوجى والبيئة ينصب ليس فقط على دراسة الضرر الناتج عن التأثير السمى Toxic effect لمثل هذه المركبات ولكن كان ينصب بالأساس على التأثيرات الوراثية الضارة التى قد يتركها إستخدام هذه المركبات الكيميائية فى الأجيال القادمة سواء فى الإنسان أو الحيوان أو النبات.

فمثلا إذا أخذنا حالة كاستخدام المبيدات فى الزراعة نجد أنه منذ منتصف القرن الماضى وإلى عهد قريب كان هناك إستخدام مكثف بعدد كبير من مبيدات الآفات وبشكل دورى ومستمر خلال السنة والسنوات المتتالية. إستخدام مثل هذه المبيدات كان له بالطبع تأثير سمى على كثير من الآفات ولكن كان له أيضا تأثير

سمى فى بعض الأحيان على الإنسان والحيوان. بالنسبة لهذه الحالات من التأثيرات السمية على الإنسان والحيوان من الممكن تداركها وتقليل أضرارها وذلك بالإرشاد والتنبيه والتوجيه والعلاج طبيا. ولكن الأهم من كل هذا هو الآثار الوراثية الناتجة من إستخدام مثل هذه المواد الكيميائية على النبات والحيوان والإنسان والتى لا تظهر مباشرة على الكائن الحى وقت إستخدامها ولكنها قد تظهر فى النسل بعد عدة أجيال. مثل هذه المخاطر والآثار الوراثية الضارة لا يمكن تداركها وقتئذ كما أنه لا يمكن أيضا علاجها. هذه الآثار الضارة تأخذ صورا مختلفة. ففى الإنسان مثلا قد تحدث تشوهات أو أمراض وراثية نتيجة حدوث طفرات سواء على المستوى الجينى أو على المستوى الكروموسومى. كذلك الحال فى الحيوان والنبات الأمر الذى يؤدى قطعا إلى وجود نسبة كبيرة من التشوهات والعقم وأيضا بالتالى إنخفاض فى الخصوبة والحيوية مما يترتب عنه إنخفاض فى الأنتاجية.

ينطبق ماسبق ذكره أيضا على تأثير المواد الكيميائية المستخدمه فى الصناعة. ففى أى صناعة ينتج عنها مخلفات إما على صورة غازية أو سائلة أو صلبة. هذه المخلفات الصناعية يتم التخلص منها إما فى البحر أو الجو أو البر. وإلى عهد قريب وقبل أن يعرف مدى خطورة التعرض لهذه المخلفات كان يتم التخلص منها دون معالجة كيميائية لها للتخلص من آثارها الضارة. وللأسف يوجد حتى الآن بعض المصانع تتخلص من نفاياتها الصناعية دون معالجتها كيميائيا. ولقد تم إجراء العديد من الدراسات والبحوث لدراسة التأثيرات الوراثية الضارة فى هذا المجال.

أولا: أخطار التأثير الوراثى للمعادن الثقيلة والمخلفات

أ- تأثير بعض المعادن الثقيلة والأملاح

١-على الحشرات

تم إجراء بعض التجارب (Al-Ayoubi 2004 a,b) لدراسة تأثير بعض المعادن أو العناصر الثقيلة على ذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر. وكان الهدف من

هذا البحث هو دراسة التأثير الضار الناتج عن إستخدام هذه العناصر الثقيلة فى الصناعة. ففى كثير من المصانع يتم إستخدام معظم هذه العناصر الثقيلة منفردة أو مجمعة بغرض أهداف صناعية أو زراعية. تسرب هذه العناصر الثقيلة إلى البيئة مع مخلفات هذه المصانع قد يسبب خطورة كبيرة على الكائنات الحية سواء النباتية أو الحيوانية أو الإنسان نفسه.

ولمعرفة مدى الخطورة الوراثية التى قد تحدث نتيجة تعرض الكائن الحى لمثل هذه العناصر الثقيلة أستخدمت ذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر كمادة تجريبية معملية فى هذه الدراسة.

هذه الحشرة لها العديد من الميزات فى هذا الخصوص أهمها :-

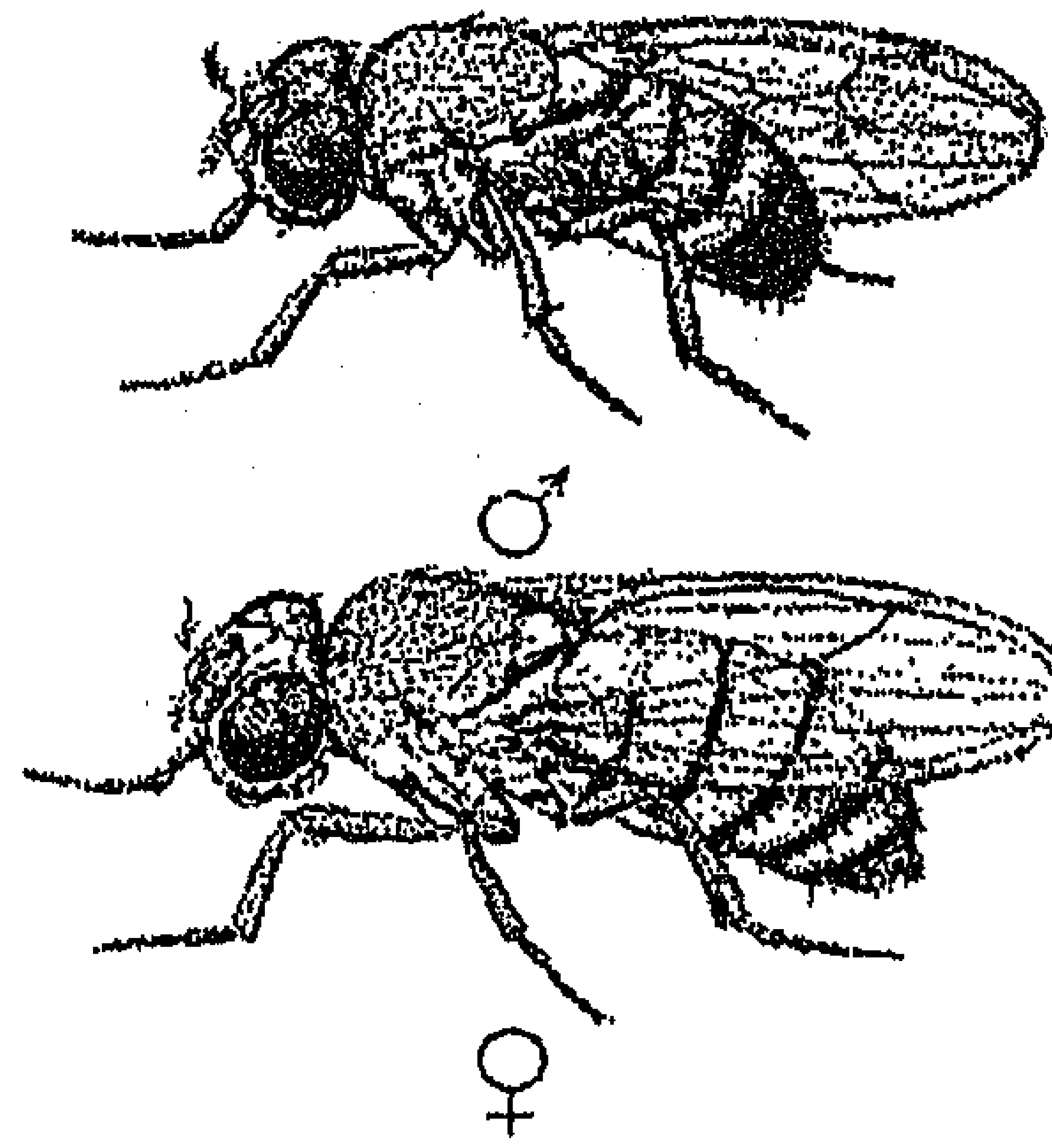
١- قصر فترة الجيل ، ففترة الجيل حوالى من 8 - 11 يوم.

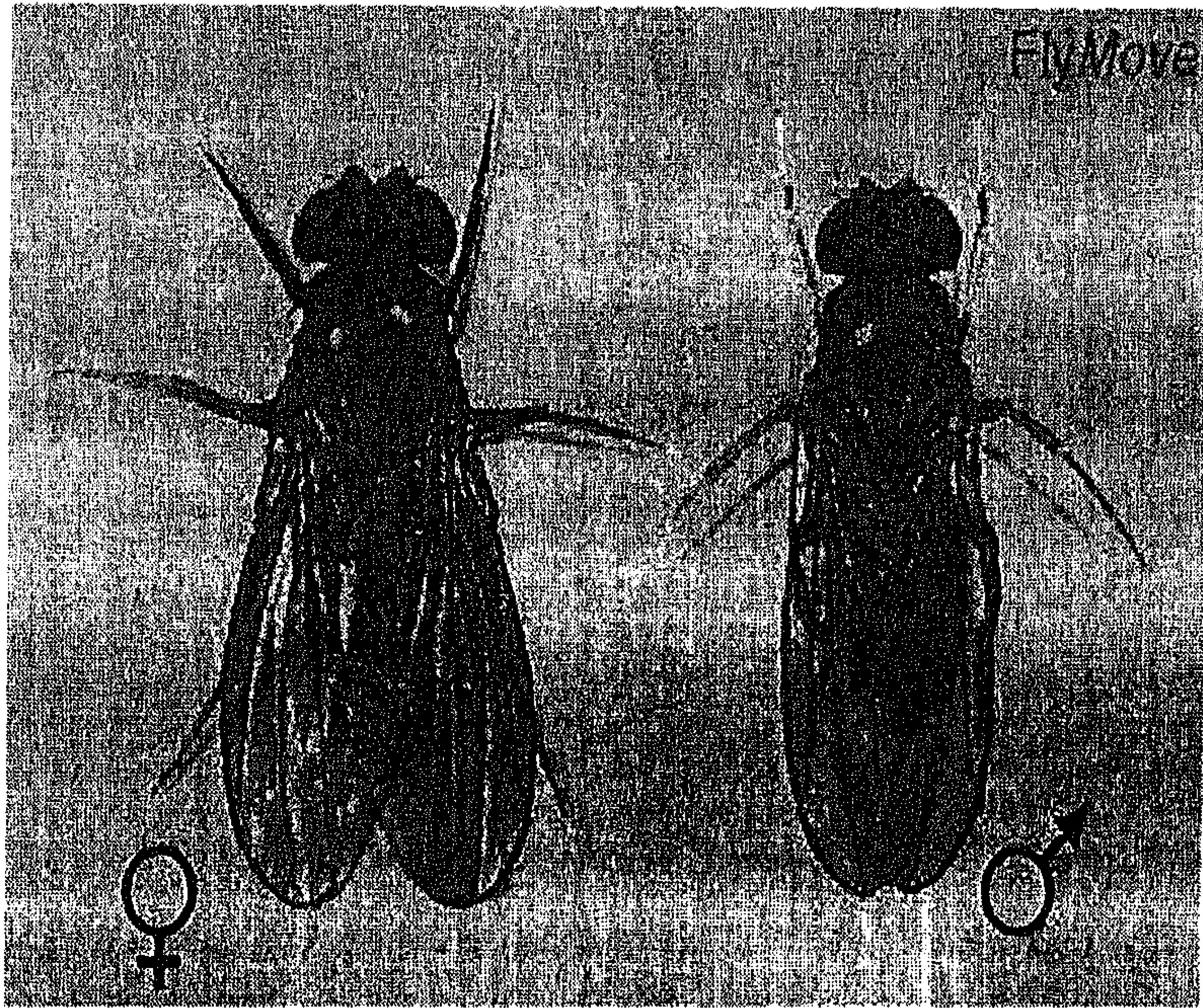
٢- تعطى فى الجيل الواحد أعداد كبيرة من النسل.

٣- سهولة التمييز بين الذكر والأنثى وذلك كما هو موضح فى الشكل (١-٧).

٤- حشرة غير ضارة ولا تنقل أمراض.

٥- عدد كروموسوماتها قليل فهى تحتوى على أربعة أزواج من الكروموسومات وبذلك يسهل دراستها من الناحية السيتولوجية والوراثة السيتولوجية. كما أن كروموسومات الغدد اللعابية بها تساعد على دراسة أى شذوذات كروموسومية قد تنتج من التعرض لأى مواد كيميائية أو أى نوع من أنواع الإشعاع.





أنثى ذكر

شكل ١-٧: الشكل الظاهرى لكل من الذكر والأنثى لذبابة الدروسـوفلا ميلانوجاستر.

١- يوجد فيها سلالات مسومة (معلمة) تساعد فى تعيين الطفرات الجينية point mutations التى قد تنتج نتيجة المعاملة سواء كانت طفرات جسمية (أى موجودة على الكروموسومات الجسمية) أو طفرات جنسية (أى موجودة أو مرتبطة بكروموسومات الجنس).

٢- هذه الحشرة منتشرة فى الطبيعة فى حدائق الفاكهة وأيضا فى المنازل.

فى هذا البحث تم دراسة تأثير سبعة معادن ثقيلة على حيوية أفراد العشيرة population fitness من حيث :-

أ- النسبة المئوية للأفراد التى أمكنها أن تعيش بعد المعاملة بهذه العناصر (Survival%).

ب- طول فترة تطور اليرقات (Larval period).

والسبعة عناصر التى أستخدمت فى التجربة هى :-

١- الزرنيخ Arsenic

الزرنيخ والمركبات الزرنيخية لها إستخدامات عديدة فى الصناعة. فهى تدخل فى صناعة الألوان والبويات والمنسوجات وبعض الصناعات الوسيطة لبعض الأدوات والصناعات الكهربية. كذلك تدخل فى صناعة مبيدات الحشائش herbicides. والزرنيخ يدخل أيضا فى بعض الصناعات الدوائية والطبية. هذا العنصر له درجة سمية منخفضة.

٢- الزئبق Mercury

الزئبق عنصر ثقيل واسع الإنتشار فى الطبيعية وهو من الناحية البيولوجية يعتبر عنصر غير ضرورى وغير مهم. ويدخل الزئبق فى صناعة بعض المبيدات الفطرية وبعض الأغراض الصناعية والطبية.

٣- الكادميوم Cadmium

فى النصف الأخير من القرن الماضى زاد إستخدام هذا العنصر فى الصناعة. ومن الناحية البيولوجية وجد أن هذا العنصر من العناصر الغير مهمة والغير ضرورية. كما وجد أن درجة سميتة منخفضة وأقل من درجة سمية الزرنيخ.

٤- النحاس Copper

يعتبر من الناحية البيولوجية من العناصر المهمة جدا فى كيمياء دم الكائنات اللافقارية invertebrates لتخليق الهيموجلوبين فيه. كما أن وجوده بنسبة عالية فى الكائنات الفقارية vertebrates قد يكون ضاراً. فوجوده بالجسم قد يوقف عمل إنزيمات الأكسدة نتيجة أنه قد يحل أيونات الزنك الموجودة فى هذه الإنزيمات مما يؤثر فى النهاية على عملية الميتابولزم. هذا العنصر منتشر فى الطبيعة ويدخل فى كثير من الصناعات المعدنية والكهربائية والزراعية.

٥- الكوبلت Cobalt

من العناصر الغير مهمة والغير ضرورية بيولوجيا. يدخل الكوبلت فى كثير من الصناعات خاصة التى يتعلق منها بالناحية الذرية والإلكترونية والطبية كذلك فى الصناعات البترولية وفى طلاء المعادن لمقاومته للأكسدة وكذلك فى بطاريات الليثيوم.

٦- الكروم Chromium

هذا العنصر يسبب إلتهاب للجلد عند التعرض لتركيزات عالية منه كما يسبب إلتهاب فى الغشاء المخاطى وهو يمتص عند طريق الجلد. ويدخل الكروم فى كثير من الصناعات المعدنية وغيرها.

٧- الرصاص **Lead**

يعتبر من العناصر الغير مهمة والغير ضرورية من الناحيـــة البيولوجيـــة. والرصاص يعتبر عنصر سام لتراكمه فى الأنسجة الحيوانية ومنها الإنسان. ويدخل الرصاص فى كثير من الصناعات المعدنية وغيرها.

جمعت عشيرة طبيعية من حشرة الدروسوفلا ميلانوجاستر من منطقة خالية من التلوث البيئى. هذه العشيرة نقلت إلى المعمل وربيت تحت الظروف المعمليـــة المثلى من تغذية ودرجة حرارة ورطوبة وخلافه. وكانـــت العشـــيرة تربـــى فـــى زجاجات تربية كما فى الشكل (٢-٧) التالى :-

وكانت زجاجات التربية تحتوى على بيئة غذائية مكونة من :-

35.5 جرام من دقيق الذرة العادى.

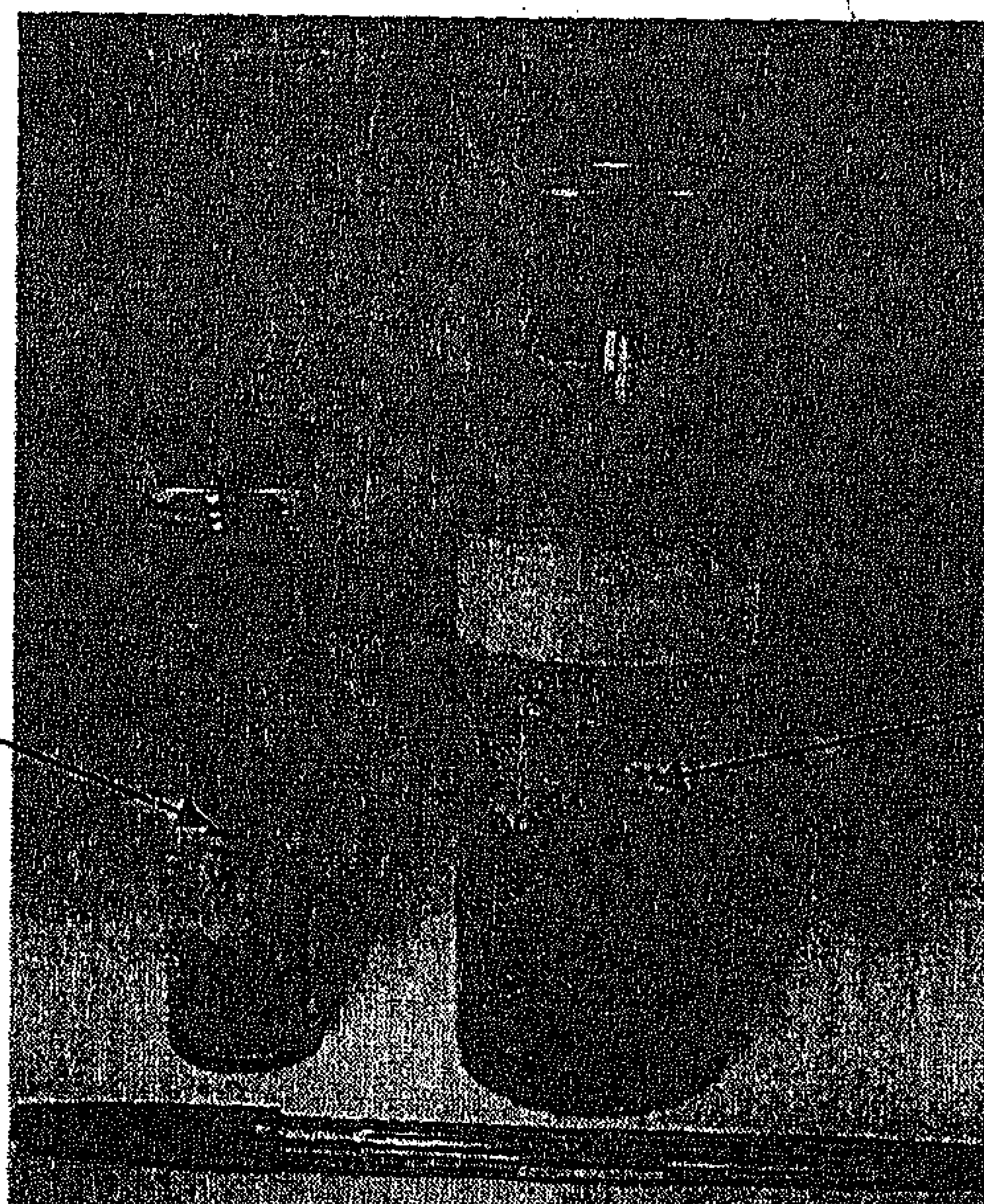
32.5 مل عسل أسود (المستخرج من قصب السكر).

5.0 جرام أجار أجار.

0.5 مل حامض بروبيونك (لمنع نمو الفطريات والبكتيريا).

375 مل ماء مقطر.

تغلى هذه البيئة وتصب فى زجاجات التربية وتغطى الزجاجات بقطعة مـــن الشاش النظيف المعقم لمنع تلوث البيئة. وبعد أن تبرد يوضع نقطة أو نقطتين مـــن الخميرة لتغذية الحشرات واليرقات. بعد ذلك تغطى كل زجاجة بقطعة من القطـــن الطبى النظيف حيث تصبح صالحة للإستعمال.



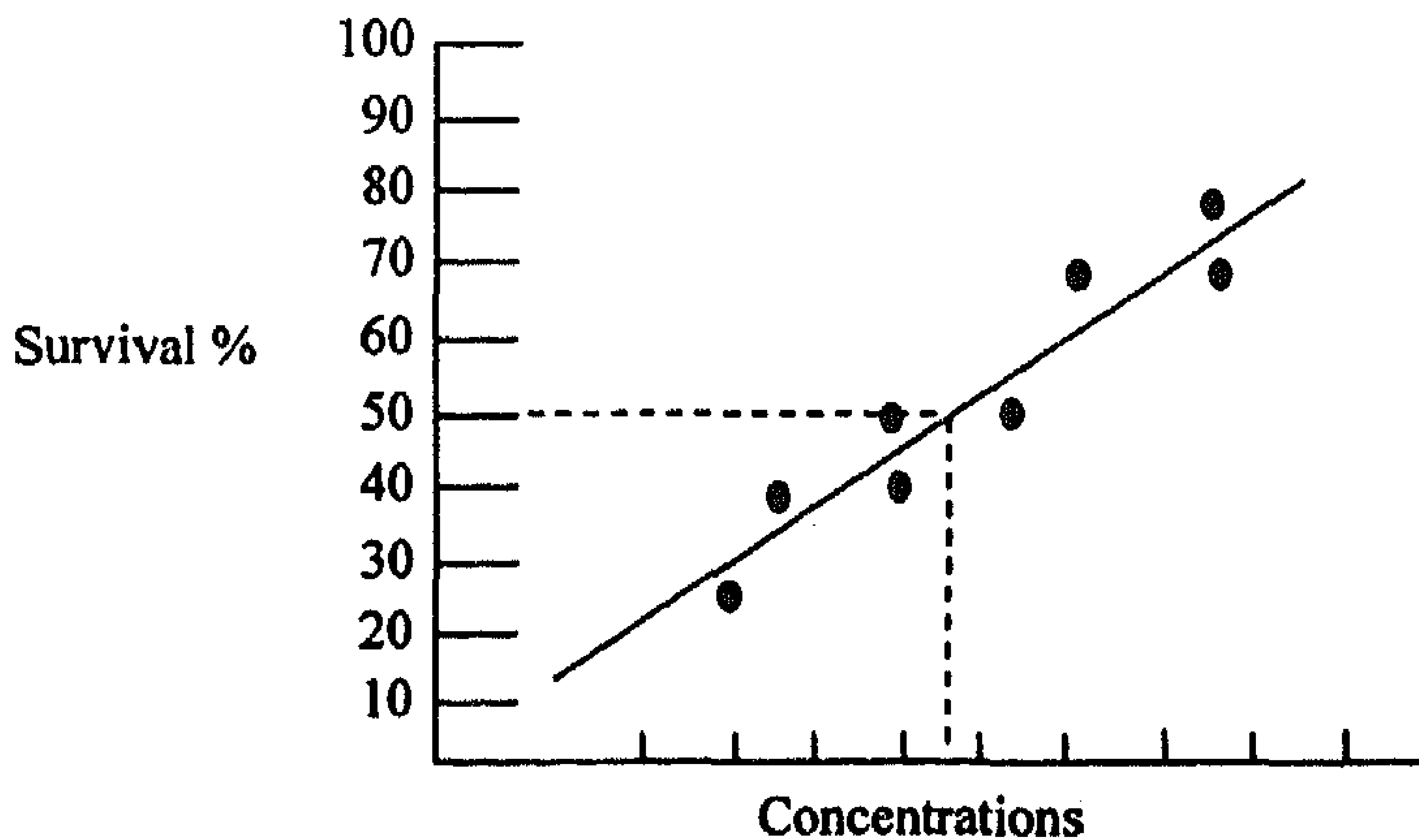


شكل ٢-٧: زجاجات وأنابيب تربية لتربية ذباب الدروسوفلا.

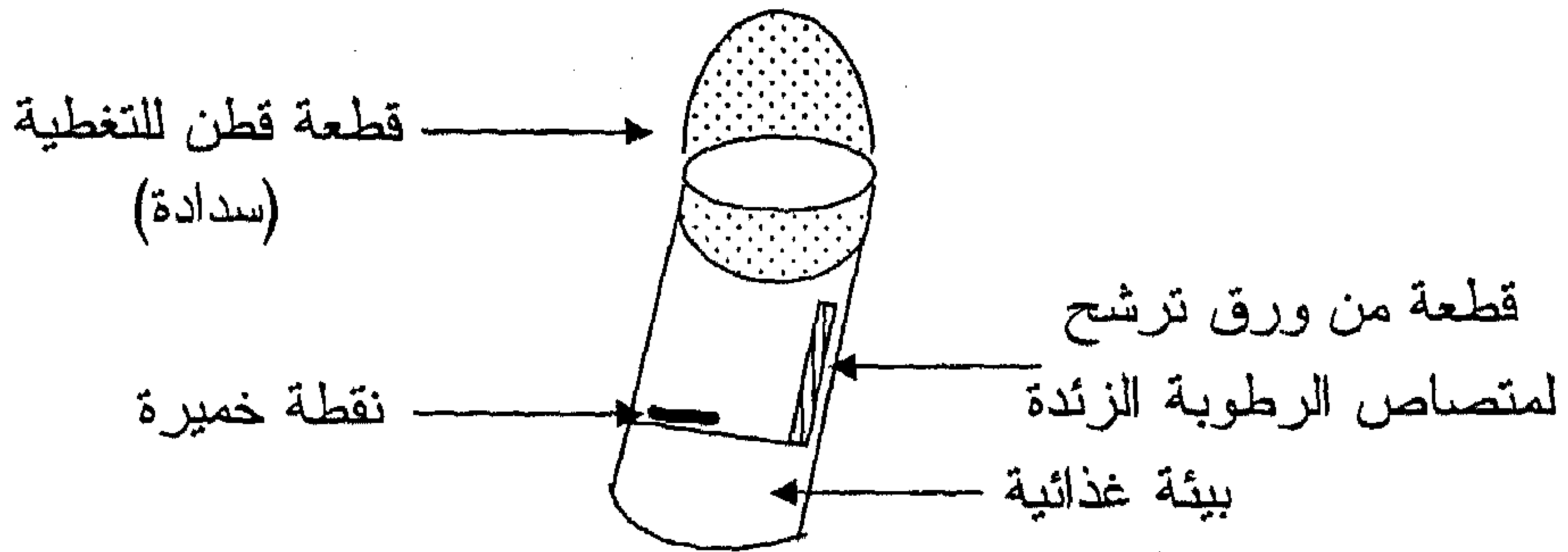
بجانب هذه البيئة العادية والمثلى لتربية ذبابة الدروسوفلا فى المعمل والتى تؤخذ للمقارنة control، ربيت عينات من هذه العشيرة على بيئات غذائية تحتوى على نفس المكونات السابقة ولكن كان يضاف بدلا من الماء المقطر ماء يحتوى على تركيزات مختلفة من أحد هذه العناصر الثقيلة.

والتركيزات التى أستعملت لكل عنصر ثقيل قدر منها التركيز الذى يسبب موت 50% من الأفراد العشيرة أى LC_{50}.

ولتقدير قيمة الـ LC_{50} لكل عنصر إستخدمت طريقة Lichfield and Wilcoxon. فى هذه الطريقة تغذى الحشرات على تركيزات مختلفة من العنصر وترصد نسبة الحشرات التى عاشت بعد المعاملة. وباستخدام ورق مربعات لوغاريتمى يرسم علية محور سينى يوقع عليه التركيزات Concentrations ومحور صادى يوقع عليه نسبة الحشرات التى عاشت بعد المعاملة % Sarvival لكل تركيز. بعد ذلك يؤخذ خط مستقيم يعرف بخط الميل slope يمر بكل النقط الموقعة بحيث يكون إنحرافات النقط التى أعلاه مساوية لإنحرافات النقط التى أسفله. ثم يحدد التركيز النظرى الذى يسبب موت نصف عدد الأفراد أى LC_{50} أو الذى يسبب موت 30% من الأفراد أى LC_{30} وهكذا كما فى الشكل التالى :

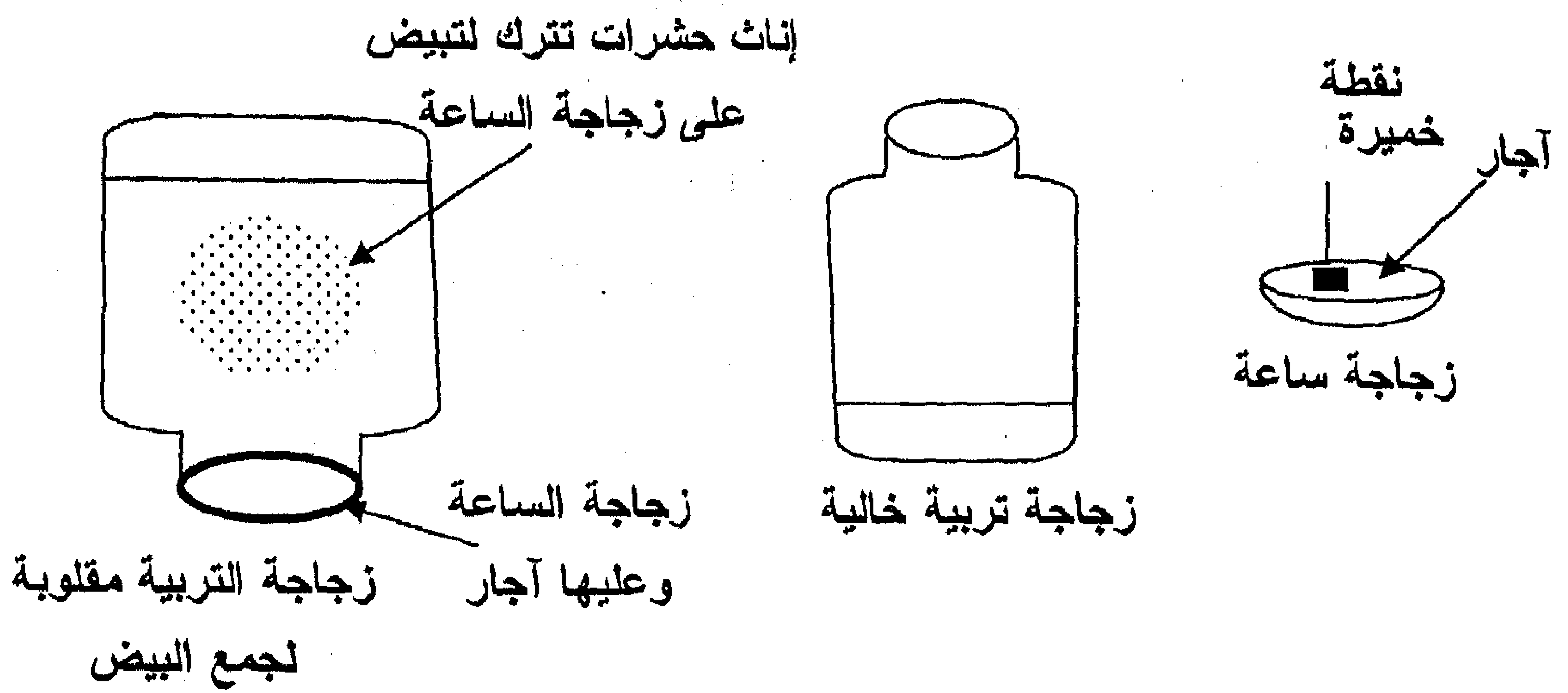


أما بالنسبة للمعاملة لكل عنصر ثقيل كان يجهز خمسة أنابيب تغذية لكل تركيز من التركيزات المستخدمة. وكان يزرع 70 بيضة من الدروسوفلا فى كل أنبوبة وذلك كما فى الشكل التالى :-



طريقة الحصول على البيض

كانت الإناث المعاملة وغير المعاملة (الكنترول) توضع كل منها على حدة فى زجاجات تربية خالية وتغطى زجاجات التربية هذه بما يسمى زجاجة ساعة بها آجار ونقطة من الخميرة. وتقلب زجاجة التربية حتى تبيض الإناث على الآجار الموجودة على زجاجة الساعة وذلك لمدة 24 ساعة بعد ذلك تنزع زجاجة الساعة ويجمع منها البيض بابرة ويعد ويوضع فى أنابيب تغذية (والتى سبق وأن وصفت). يترك البيض داخل الأنابيب بعد تغطيتها ليفقس. بعد وضع البيض فى الأنابيب يحسب عدد الأيام التى تأخذها اليرقات لتتحول إلى عذراء أى طول فترة التطور اليرقى.



النتائج المتحصل عليها:-

أولا: تقدير قيمة التركيز الذى يسبب موت 50% من الأفراد لكل عنصر من السبعة عناصر أى الـ LC_{50}.

والجدول (١-٧) يوضح قيمة الـ LC_{50} المقدرة لكل عنصر.

جدول ١-٧: قيمة الـــ LC_{50} المقدرة لتأثير العناصر المختلفة المســتعملة فى التجربة.

المعدن	Meta	LC_{50} Mg/gm	Confidence limits
الزرنيخ	Arsenic	25	34.6 - 25.6
الزئبق	Mercury	26	33.6 - 21.5
الكادميوم	Cadmium	96	129.7 - 71.2
النحاس	Copper	105	126.9 - 88.5
الكوبلت	Cobalt	269	278.8 - 260.5
الكروم	Chromium	426	528.9 - 338.5
الرصاص	Lead	471	574.4 - 376.9

ثانيا : تأثير كل عنصر من هذه العناصر الثقيلة على حيوية الأفراد

الجدول (٢-٧) يوضح تأثير تغذية يرقات الدروسوفلا على كل من فتــرة تطــور اليرقات وعلى النسبة المئوية للأفراد التى عاشت بعد المعاملة وذلك بالمقارنة بقــيم الأفراد الغير معاملة أى الكنترول Control.

جدول ٢-٧: تأثير تغذية يرقات الدروسوفلا على كل من فترة تطور اليرقات والنسبة المئوية للأفراد التى عاشت بعد المعاملة مقارنة بقيم الأفراد الغير معاملة.

Larval period 100%	**Survival %**	**Metal المعدن Concentration والتركيز (MG/gm)**
		Arcenic الزرنيخ
-0.9	-20	4.8
-1.5	-27	9.6
-2.5	-29	24.0
+2.3	-55	48.0
+2.0	-61	96.0
+10.8*	-15	Mercury الزئبق
+10.5*	-30	4.8
+10.7*	-32	9.6
+10.8*	-47	24.0
+9.6	-62	96.0
		Cadmium الكادميوم
+0.4	-10	9.6
+3.1	-16	48
+3.4	-33	96
+4.3	-40	192
		Copper النحاس
-0.7	-25	96
+11.3*	-26	115
+21.0**	-31	134
+22.0**	-37	153
+25.9**	-50	173

تابع جدول ٢-٧: تأثير تغذية يرقات الدروسوفلا على كل من فترة تطور اليرقات والنسبة المئوية للأفراد التى عاشت بعد المعاملة مقارنـة بقيم الأفراد الغير معاملة.

Larval period 100%	Survival %	Metal المعدن Concentration والتركيز (MG/gm)
		Cobalt الكوبلت
+9.6*	-22	269
+24.8*	-48	307
+26.0*	-50	347
+25.9*	-60	389
		Chromium الكروم
+0.3	-12	192
+8.0*	-23	348
+10.8*	-39	576
+23.2*	-53	769
		Lead الرصاص
-0.7	-5	192
-4.2	-14	384
-306	-28	576
-5.8	-50	769

جميع الـ Survival % والـ Larval period مأخوذة كإنحرافات من الـ Control الغير معامل.

العلامة * و ** تشير إلى أن الإنحرافات (إنحافات القيم المشاهدة عن القيم المتوقعة نظريا) معنوية عند الإحتمالات 0.05 و 0.01 على التوالى.

يلاحظ من الجدول السابق أن المعاملة بأى عنصر من العناصر السبعة التى أستعملت فى التجربة أدت إلى إنخفاض فى النسبة المئوية للأفراد التى تعيش بعد

المعاملة خاصة عند التركيزات العالية. كما أوضحت النتائج أن المعاملة بالرصاص والكوبلت لم يمكن لها تأثير معنوى على طول فترة التطور اليرقى بينما كانت المعاملة بالزرنيخ أو الزئبق أو الكادميوم أو النحاس أو الكروم لها تأثير واضح فى زيادة أو تطويل فترة التطور اليرقى وهى الفترة من أول وضع البيض إلى تكوين العذراء.

هذين العاملين وهما النسبة المئوية للأفراد التى أمكنها أن تعيش بعد المعاملة وطول فترة التطور اليرقى مهمين جداً بالنسبة لحيوية العشيرة Population fitness. فكلما زادت نسبة الأفراد التى تعيش بعد المعاملة Survival % وقصرت فترة التطور اليرقى Larval development period حيث تتحول اليرقات إلى حشرات كاملة فى وقت قصير وتخرج سريعا وتنتشر وتتزاوج وتتكاثر فى العدد يكون هذا أفضل للكائن وفى صالح العشيرة والعكس صحيح. أما إذا أدت المعاملة إلى إنخفاض فى نسبة الأفراد الناتجة بعد المعاملة وزيادة أو تطويل فترة تطورها اليرقى يؤدى ذلك إلى نقص شديد فى أعداد أفراد العشيرة مما يهددها للهلاك أو الإنقراض (ما لم يحدث ما يجعلها تتأقلم على هذه الظروف الجديدة مثل حدوث تراكيب وراثية جديدة recombination أو طفرات جينية أو كروموسومية كالإنقلابات مثلا) mutations.

وفى دراسة لمعرفة التأثير الطفرى لأحد هذه العناصر الثقيلة وهو كلوريد الزئبق على الدروسوفلا ميلانوجاستر (Al-Ayoubi 2004 a) جمعت عشيرة من الدروسوفلا ميلانوجاستر من منطقة خالية من المخلفات الصناعية. ربيت هذه العشيرة فى زجاجات تربية تحتوى بيئة غذائية عادية. ثم أخذ جزء من هذه العشيرة كعينة وربيت على بيئة غذائية تحتوى على 14.4 جزء فى المليون (ppm) من كلوريد الزئبق لمدة ستة أجيال متتالية وذلك بجانب عينة كنترول Control غير معاملة. والتركيز المستعمل من الزئبق وهو 14.4 (ppm) يعتبر التركيز الأقل من التركيز الذى يسبب موت 50% من أفراد العشيرة أى الـ LC_{50} المقدر لهذه

العشيرة سابقا. وكما هو معروف أنه يفضل إستخدام تركيز أقل من الـ LC_{50} حتى يمكن المحافظة على الحشرات المعاملة من الموت ويتبقى جزء منها يمكن دراسة تأثير المعاملة عليها خاصة وأن المعاملة بهذا المعدن أو العنصر إستمرت لمدة ستة أجيال متتالية.

من كل من الحشرات المعاملة والحشرات الغير معاملة (Control) كان يزرع خمسة أنابيب تغذية (أى خمسة مكررات) لكل أنبوبة 50 بيضة وتربى تحت درجة حرارة 25°C (وهى درجة الحرارة المثلى لحشرات الدروسوفلا ميلانوجاستر). بعد فقس الحشرات كان يحسب للعشيرة المعاملة وللعشيرة الغير معاملة (الكنترول Control) ما يلى :-

١- تحسب نسبة الفقس Emergency وطول مدة التطور Development time.

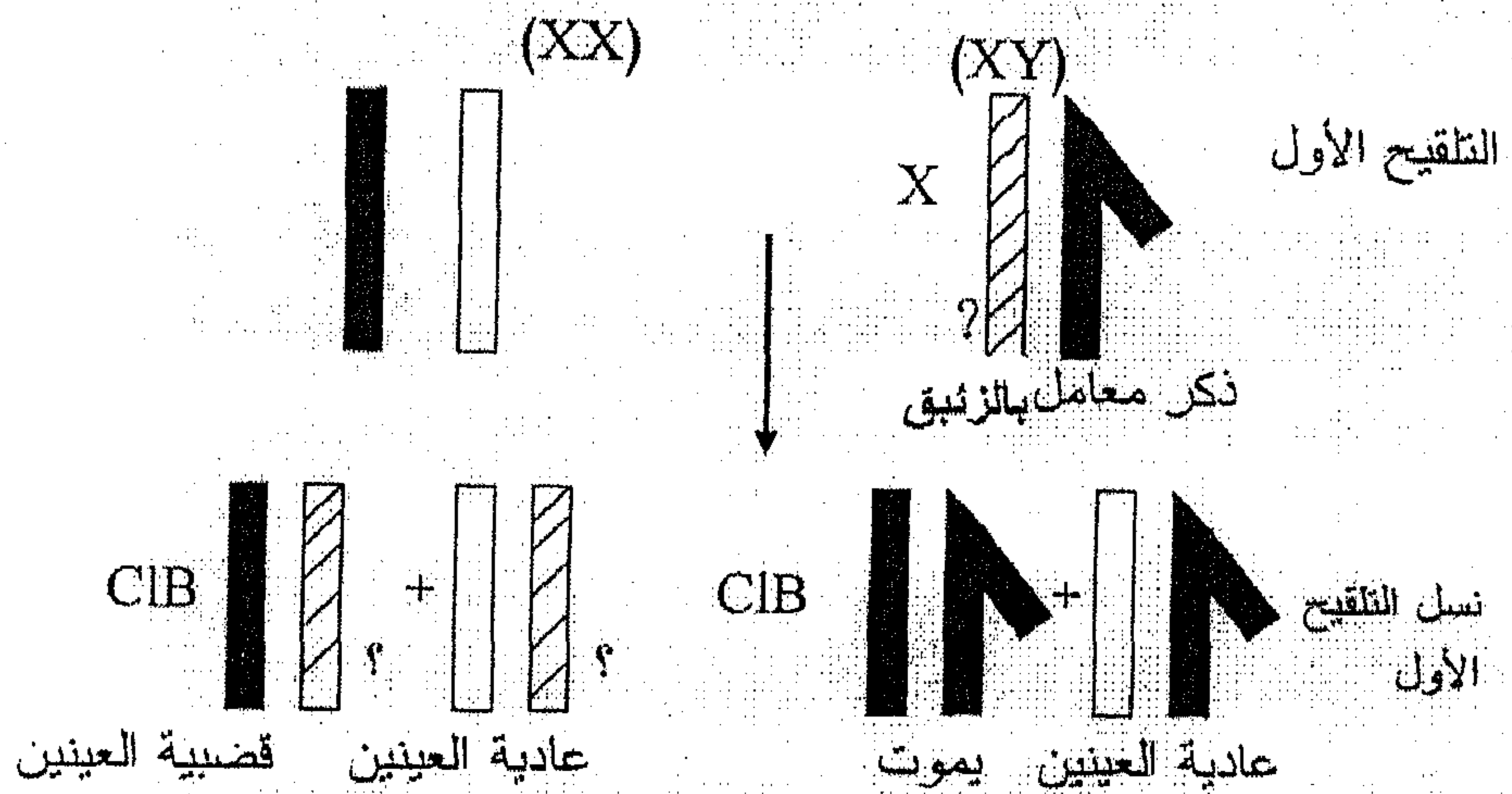
٢- كان يقاس من كل أنبوبة 20 أنثى لصفة طول الصدر Thorax length (أى 100 أنثى لكل عشيرة). وطول الصدر يؤخذ كدالة لحجم الجسم حيث أنه يوجد تلازم كبير بين طول صدر الحشرة وحجم جسمها فكلما كبر طول الصدر كبر حجم الجسم والعكس صحيح.

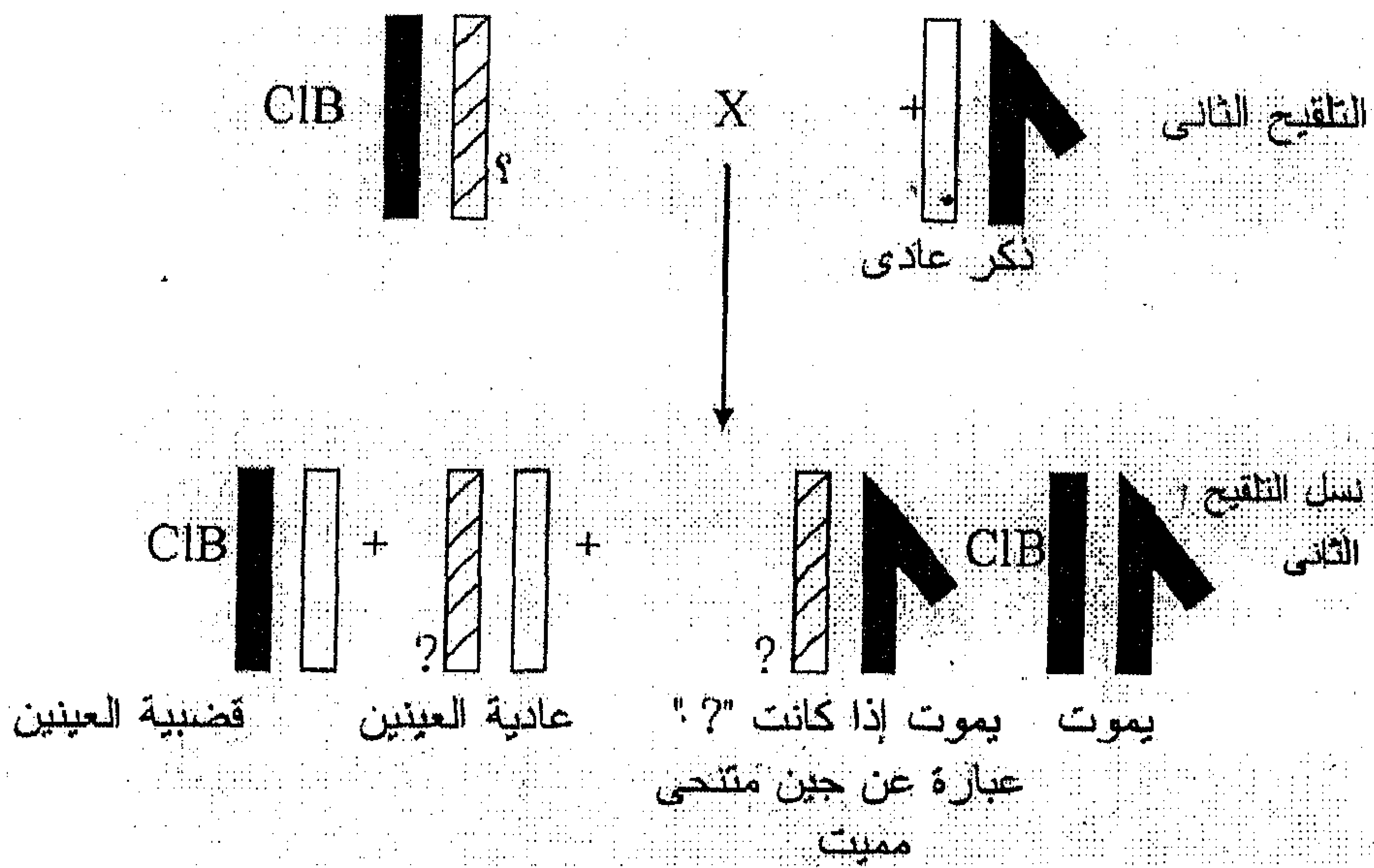
٣- كانت تسجل النسبة المئوية للجينات المميتة المتنحية المرتبطة بالجنس (الموجودة على كروموسوم الجنس Sex linked recessive lethal genes) وذلك باستخدام طريقة مولر Muller ، وكما هو موضح فى الشكل (٤-٧) باستخدام السلالة المسومة CLB والتى شرحت فى الباب السادس وذلك كما يلى :-

سلالة CLB يحتوى الكروموسوم الجنسى فيها على ثلاثة طفرات هى C,L,B. حيث C تمثل إنقلاب كبير inversion يشمل كروموسوم الجنس ويعمل كمانع للعبور حيث تنقل الوحدات الجينية الموجودة على الكروموسوم كوحدة من جيل للآخر ، L يمثل جين متنحى على كروموسوم الجنس الحامل للإنقلاب و B تمثل جين العين القضية Bar-eye وهى طفرة سائدة موجودة على نفس

الكروموسوم. وفى هذه الطريقة تستخدم إناث دروسوفلا خليطة فـــى كروموســـوم الجنس أحدهما كروموسوم CIB والآخر خالى تماما وبذلك يمكن تمييز هذه الإناث مظهريا حيث أنها تكون قضبية العين وجميع الذكور الحاملة للكروموســـوم CIB تموت وإذا أجرى التلقيح بين ذكور عادية وإناث فتكون النسبة الجنسية للنسل الناتج هى 1 : 2 حيث أن نصف الذكور المحتوية على CIB تموت بينما النصف الآخر يكون مستدير العينين.

ولإجراء الإختبار تم تلقيح ذكور معاملة بكلوريد الزئبق مع إناث من ســـلالة CLB. وفى الخطوة الثانية يقوم باختيار إناث الجيل الأول المعروف أنها حاملـــة لكرموسوم الجنس من الذكر المراد إختباره حيث تلقح من ذكور عاديـــة فنجـــد أن نصف ذكور النسل تموت قبل الفقس لاستقبالها كروموسوم ClB من الأم. وإذا وجد جين مميت نتج عن المعاملة بكلوريد الزئبق على كروموسوم الجنس المماثل الآتى فى الذكر المراد إختباره فإن النسل الناتج لا يحتوى على ذكور مطلقا. أما إذا كانت الطفرة شبه مميتة فإن حيوية الذكور الحاملة لهذا الجين ستقل وبذلك تنخفض نسبة الذكور إلى الإناث عن النسبة الجنسية 1 : 2. والشكل (٤-٧) التالى يبين ذلك.





شكل ٤-٧: طريقة CIB لتعين طفرة متنحية مرتبطة بالجنس.

هذه القياسات المذكورة فى ١ ، ٢ ، ٣ كانت تؤخذ فى الجيل الأول والجيل الثالث والجيل السادس لكل من العشيرة المعاملة بكلوريد الزئبق (التى كانت تربى على غذاء به كلوريد الزئبق) والعشيرة الغير معاملة.

الجدول (٣-٧) يوضح تأثير المعاملة بكلوريد الزئبق على كل من حجم الجسم ونسبة الفقس وطول فترة التطور فى كل من الجيل الأول والثالث والسادس. القيم فى الجدول مأخوذة على هيئة إنحراف من الكنترول.

جدول ٣-٧: تأثير المعاملة بكلوريد الزئبق على كل من حجم الجسم ونسبة الفقس وطول فترة التطور فى كل من الجيل الأول والثالث والسادس.

الجيل Generation	طول الصدر Thorax length	نسبة الفقس Emergency %	طول مدة التطور Development time
1	- 3.33	- 6.4	+ 10.7*
3	- 7.01	- 12.1*	+ 10.5*
6	- 16.82**	- 16.8**	+ 10.8*

العلامة * و ** تشير إلى معنوية الإنحرافات عند درجة الإحتمال 0.05 ، 0.01 على الترتيب.

من الجدول السابق نلاحظ بكل وضوح أن المعاملة بكلوريد الزئبق لمدة ستة أجيال أدت إلى إنخفاض معنوى فى كل من حجم الجسم ونسبة الفقس أى أن الحشرات أصبحت صغيرة الحجم وإنخفضت نسبة الفقس فيها خاصة عند الجيل السادس من المعاملة كما أدت المعاملة إلى زيادة طول مدة تطور الحشرة.

ويوضح الجدول (٤-٧) البيانات المتحصل عليها من تأثير المعاملة بكلوريد الزئبق على إحداث طفرات جينية مرتبطة بالجنس.

جدول ٤-٧: تأثير المعاملة بكلوريد الزئبق على إحداث طفرات جينية مرتبطة بالجنس.

Lethality %	No of lethal chromosomes	عدد الكروموسومات المختبرة	العشيرة Population	الجيل Generation
3.11*	13	418	المعاملة	1
0.96	4	418	الغير معامله	
3.18*	15	472	المعاملة	3
1.11	5	451	الغير معامله	
3.18*	15	471	المعاملة	6
0.85	4	450	الغير معامله	

العلامة * تشير إلى معنوية الإختلافات عند درجة إحتمال 0.05.

من هذا الجدول نلاحظ أيضا وبكل وضوح أن المعاملة بكلوريد الزئبق أدت إلى إحداث طفرات جينية متنحية مرتبطة بالجنس (وقد تكون المعاملة أدت أيضا إلى إحداث طفرات جينية مرتبطة بكروموسومات الجنس أو طفرات كروموسومية ولكن هذا يحتاج إلى الكشف عنها بطرق أخرى لم تكن ضمن تخطيط هذا البحث).

من هذا نلاحظ أن تأثير المعاملة على تخفيض نسبة الفقس وتقليل حجم الجسم وإطالة طول تطور الحشرة بالإضافة إلى إستحداث طفرات مميتة متنحية مرتبطة بالجنس كلها تأثيرات ضارة على الأفراد التى تعرضت لهذه المعاملة أو هذه المادة الكيميائية وبالتالى سينعكس أثرها على حيوية العشيرة ككل.

ومن الأبحاث التى أجريت أيضا (Masry and Shweil 1989) تم دراسة التأثير الوراثى السمى لمركبات الخمسة معادن الثقيلة وهى زرنيخيت الصوديوم وكلوريد الزئبق وكلوريد الكادميوم وداى كرومات البوتاسيوم وخلات الرصاص على حشرة الدروسوفلا ميلانوجاستر من حيث :-

١- مكونات المواءمة التالية :-

أ- نسبة فقس البيض.

ب- نسبة ظهور الحشرات الكاملة.

جـ - طول مدة تطور الطور اليرقى.

د- حجم الجسم.

٢- ولدراسة التأثير الطفرى سواء على المستوى الجينى أو على المستوى الكروموسومى أستخدم فى هذه الدراسة سلالة الدروسوفلا Muller-5. ربيت يرقات هذه السلالة على بيئة غذائية محتوية تركيزات مختلفة لكل مركب من هذه المركبات وتم تقدير قيمة الـ LC_{50} (التركيز اللازم لموت 50% من الأفراد المعاملة) لكل مركب كيماوى. ولقد أوضحت الدراسة ما يلى :-

١- المركب زرنيخيت الصوديوم أظهر أعلى درجة سمية يليه كلوريد الزئبق ثم كلوريد الكادميوم ثم خلات الرصاص ثم داى كرومات البوتاسيوم.

٢- كل مركب من هذه المركبات كان له تأثير معنوى وواضح فى خفض النسبة المئوية للأحياء.

٣- المعاملة بمركب زرنيخيت الصوديوم أو مركب كلوريد الزئبق أدت إلى زيادة معنوية فى نسبة الطفرات المتنحية المرتبطة بالجنس بينما المركبات الأخرى وهى كلوريد الكادميوم وداى كرومات البوتاسيوم وخلات الرصاص لم يكن لها تأثير طفرى واضح. كما أن المعاملة بأى من هذه المركبات لم تؤدى إلى إحداث أى شذوذات كروموسومية.

٢- على الأسماك

أجريت هذه الدراسة (Masry *et al* 2003) لإختبار مدى إمكانية إستخدام وتوظيف جينوم السمك ككشاف حساس وسريع وغير مكلف فى الكشف عن ملوثات البيئة المائية. أستخدم فى هذا الغرض جنسين من سمك البلطى هما :-

١- البلطى النيلى *Oreochromis nhloticus*.

٢- البلطى الأخضر *Tilapia zillii*.

وقد أستخدم فى هذه الدراسة كلوريد الزئبق كملوث تابع للمعادن الثقيلة وذلك بتركيزات مناسبة ومعروفة مسبقا بقدرتها على إحداث أضرار وراثيــة للكائنــات الأخرى. ولقد تم فى هذه الدراسة تقدير كل من :-

١- تقدير النشاط الخلوى.

٢- تقدير النشاط الإنزيمى لبعض الإنزيمات.

٣- تحليل الشذوذ الكروموسومى فى خلايا السمك.

أوضحت نتائج هذه الدراسة ما يلى :-

١- إنخفض النشاط الميتوزى فى السمك من الجنس *Tilapia zillii* من 21.1% فى المجموعة الضابطة (الكنترول) إلى 15.7% بعد المعاملة.

أما فى الجنس *Oreochromis nhloticus* فقد إنخفض النشاط الميتوزى من 22.0 % فى المجموعة الضابطة (الكنترول) إلى 14.07% بعد المعاملة.

٢- بالنسبة للنشاط الإنزيمى وبروتينات الكبد وجد أن هناك تفاوتا فى نشاط إنزيم GPT فى كلا الجنسين حيث كان فى الجنس *Tilapia zillii* حــوالى 12.6 قبــل المعاملة وأصبح 26.48 بعد المعاملة بينما كان فى الجنس *Oreochromis nhloticus* حوالى 20.11 وأصبح 42.2 بعد المعاملة.

أما بالنسبة لنشاط إنزيم GOT فقد زاد فى جنس *Tilapia zillii* من حوالى 40.12 قبل المعاملة وأصبح 62.42 بعد المعاملة بينما كان فى الجنس *Oreochromis nhloticus* حوالى 20.01 وأصبح 40.11 بعد المعاملة.

٣- أظهر الفحص الميكرسكوبى للكروموسومات أن المعاملة بكلوريد الزئبق أدت إلى إحداث عدد من الشذوذات الكروموسومية مثل النقص الكروموسومى Deletions والشظايا الكروموسومية Chromosome fragments وذلك فى الجنس *Tilapia zillii* بينما كانت فى الجنس *Oreochromis nhloticus* كانت هذه الشذوذات عبارة عن التلكؤ الكروموسومى Lagging chromosome والشظايا الكروموسومية Chromosome fragments ولزوجة الكروموسومات Chromosome lyses.

٣- على النبات

تم دراسة التأثير الوراثى لكل من أمـلاح كلوريـد الصـوديوم وكبريتـات الصوديوم ونترات الأمونيوم على على نبات الفول وذلك بالنسبة لما يلى :-

أ- بعض الصفات والمقاييس المورفولوجية مثل وزن النبات الطازج - طـول الجذر الإبتدائى - طول الجذور الإبتدائية - طول الجذور الثانوية - وطول الريشة.

ب- نشاط الإنقسام الميتوزى وتكاثر الخلايا والتوزيع النسبى لمحتوى الـ DNA الخلوى ومراحل دورة الخلية.

جـ - قدرة هذه الأملاح فى إحداث شذوذات كروموسومية.

ولقد أستخدم فى هذه الدراسة تركيزات مختلفة من كل من هذه الأملاح.

أوضحت نتائج هذه الدراسة ما يلى :-

١- جميع المركبات المستخدمة على مستوى التركيزات المختلفة أدت إلى نقص معنوى فى جميع الصفات والمقاييس المورفولوجية تحت الدراسة وهى وزن النبات الطازج - طول الجذر الإبتدائى - طول الجذور الإبتدائية - طول الجذور الثانوية - وطول الريشة. وباجراء مقارنة على مستوى التركيز الـ LC_{50} (التركيز اللازم لموت 50% من الأفراد المعاملة) فقد أظهرت الدراسة أن كبريتات الصوديوم كانت أكثر المركبات المستخدمة فاعلية فى إحداث هذا الخفض.

٢- أظهرت الدراسة من تقدير النشاط الميتوزى مقاسا بدليل الإنقسام الميتوزى Mitotic Index أن نترات الأمونيوم كانت فعالة جدا فى خفض معدل الإنقسـام الميتوزى يليها كلوريد الصوديوم ثم كبريتات الصوديوم.

٣- أوضحت الدراسة أن كلوريد الصوديوم كان فعالا فـى إحـداث تضـاعف كروموسومى غير تام بينما أدت المعاملة بكبريتات الصوديوم إلى إحداث تضاعف كروموسومى تام.

٤- بدراسة المراحل المختلفة لدورة الخلية قبل وأثناء وبعـد التضـاعف علـى مستوى التركيز تحت المميت الـ LC_{50} وجد أن كلوريد الصوديوم كـان أكثـر الأملاح المستعملة فاعلية فى تقصير مرحلة تخليق الـ DNA المسماة بالفترة S.

ب- تأثير بعض المخلفات الصناعية

١- على الحشرات

وفى دراسة لمعرفة تأثير بعض المخلفات الصناعية (كإحدى ملوثات البيئة) قبل وبعد معالجتها كيميائيا على حيوية العشيرة وعلـى تأثيرهـا الطفـرى علـى المستوى الكروموسومى (Al–Ayoubi 2004c) أجرى البحث التـالى لدراسـة تأثير بعض المخلفات الصناعية على حيوية العشيرة فى الدروسوفلا ميلانوجاستر.

أستخدم فى هذا البحث نفاية صناعية أخذت من إحدى شـركات أو مصـانع مواد الصباغة والكيماويات. ولقد تم دراسة تأثير هذه النفاية قبل وبعـد معالجتهـا كيميائيا على إحداث تغيرات فى بعض صفات المواءمة والحيوية مثل حجم الجسـم وطول فترة التطور والنسبة المئوية للأفراد التى عاشت بعد المعاملة. كذلك تأثيرها على إحداث تغيرات كروموسومية سواء كمية أو نوعية.

والمخلف أو النفاية الصناعية لهذه الصناعة تتميز بوجود عـدد كبيـر مـن المواد أو المركبات الكيميائية العضوية والغير عضوية بما فيها الجوانين والبنـزين والتوليون والكينتونز والألدهايدز بجانب وجود بعض المعادن الثقيلة مثل النحـاس والزنك والحديد والمنجنيز والكادميوم والرصاص والنيكل.

معالجة هذا المخلف الصناعى تمت حسب القياسات العالمية المتفق عليهـا والتـى أقرتها الوكالة الدولية لحماية البيئة.

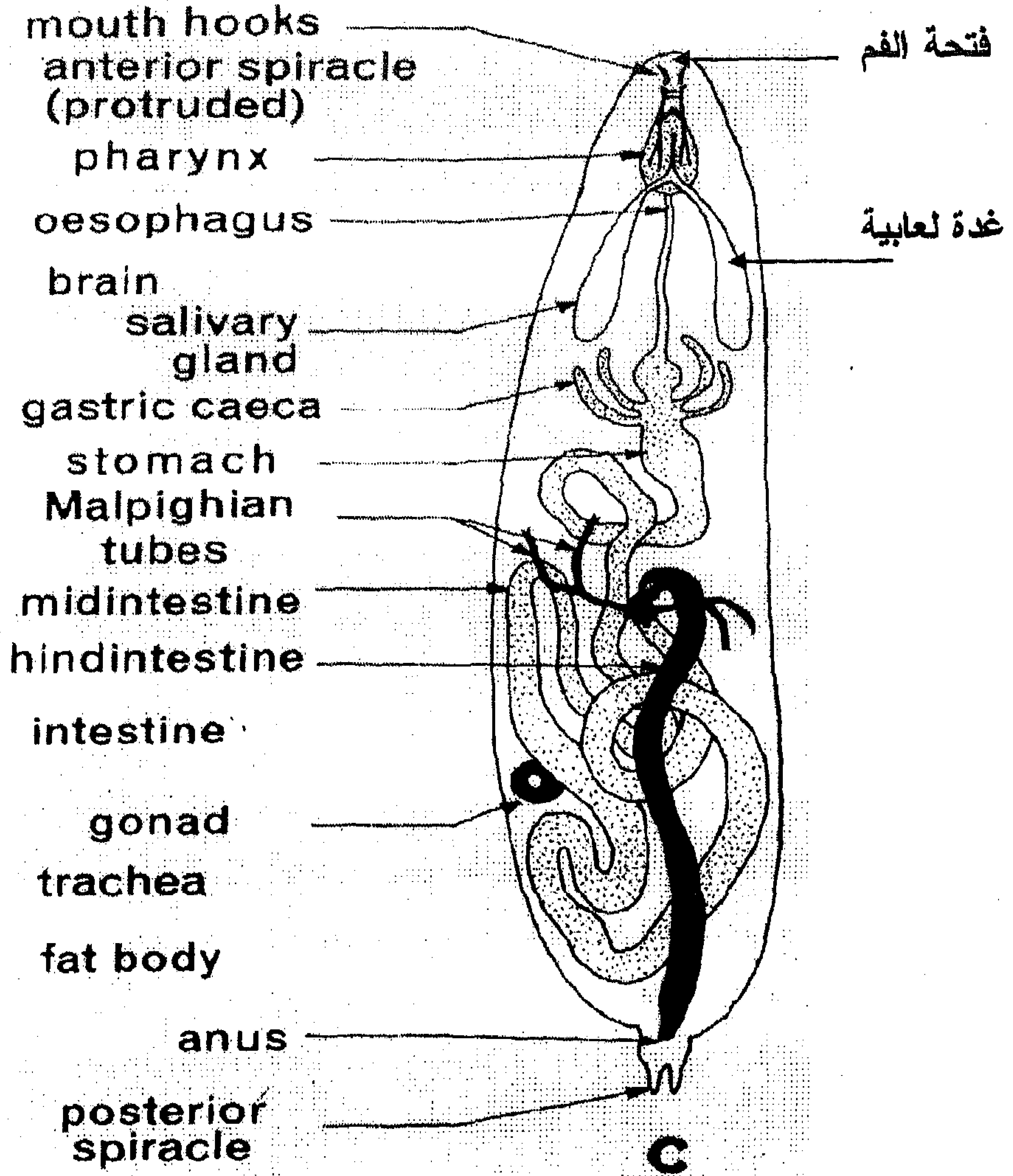
(U.S. Environmental Protection Agency) عام 1998.

والجدول (٥-٧) يوضح نسبة المعـادن الموجـودة (ug/1) فـى النفايـة المستعملة فى التجربة قبل وبعد معالجتها كيميائيا.

جدول ٥-٧: نسبة المعادن الموجودة (ug/1) فـــى النفايـــة قبـــل وبعـــد معالجتها كيميائيا.

عينة المخلف Waste sample	نحاس Cu	زنك Zn	منجنيز Mn	كادميوم Cd	نيكل Ni	حديد Fe	رصاص Pb
نفاية قبـــل المعالجة	750	560	180	11	12	6052	40
نفاية بعد المعالجة	37	16	-	-	-	152	-

ولقد درس تأثير المخلف الصناعى على التركيب الكروموسومى فى الجيـــل الخامس من المعاملة بدراسة الشذوذات الكروموسومية (التى قد تكون نتجت عـــن المعاملة بالمخلف الصناعى) فى كروموسومات الغدد اللعابية لذبابـــة الدروســـوفلا ميلانوجاستر. ولهذا الغرض وضعت عينة من الإناث كل واحدة منها فـــى أنبوبـــة تغذية لوضع البيض لمدة 24 ساعة. بعد ذلك نقلت الأنابيب فـــى حضـــان درجـــة حرارته 16°C لتكمل اليرقات نموها تحت هذه الدرجة نمو اليرقات تحت مثل هذه الدرجة المنخفضة يطيل من طول فترة التطور اليرقى مما يسمح لها بالتغذية مـــدة أطول وبالتالى تكبر فى الحجم عن اليرقات التى تعيش تحت درجة حرارة عاليـــة. كبر حجم الجسم هذا يتبعه وبكل تأكيد كبر حجم الخلايا وبالتالى كبر حجـــم النـــواة بالخلية لأن هناك علاقة موجبة وتلازم بين حجم الخلية وحجم النواة. وكلما كبـــر حجم النواة كبر بالتالى حجم الكروموسومات بها وهـــذا مرغـــوب فـــى الدراســـة السيتولوجية عند فحص كروموسومات الغدد اللعابية. وكانت أنابيب التربيـــة تمـــد يوميا بنقطة من الخميرة لتغذية اليرقات. وعندما تصل اليرقات إلى طور الإنسلاخ الثالث (third instar larvae) كانت تؤخذ وتوضع على شريحة مـــن نقطـــة أو نقطتين من صيغة الأسيتوأورسين وينزع منها الغدد اللعابية. يؤخذ غدة واحدة مـــن كل يرقة لأن الغدة الأخرى مثلها من حيث التركيب الكروموسومى ومن المعروف أن اليرقة يوجد بها غدتان لعابيتان وذلك كما فى الشكل (٥-٧).



شكل ٥-٧: رسم تخطيطى لتوضييح التركيب التشـريحى ليرقـة ذبابـة الدروسوفلا.

وصبغة الأسيتوأورسين تتكون من 2 جرام أورسين و 50 مل حامض خليك و 50 مل حامض لاكتيك. ولقد وجد أن أضافه حامض اللاكتيك إلى الصبغة يعمل على سهولة إنفراد الكروموسومات فى الصبغة دون تكسيرها أو تمزقها.

بعد وضع الغدد فى الصبغة لمدة حوالى نصف ساعة يوضح عليها غطاء الشريحة برفق حتى تنفرد الكروموسومات. ويمكن فحص الشرائح سيتولوجيا (تحت الميكرسكوب) بعد 2-3 أيام من تحضيرها. ويمكن بالفحص السيتولوجى لكروموسومات الغدد اللعابية لليرقات المعاملة والغير معاملة تحديد التأثير الناشئ عن المعاملة سواء على مستوى عدد الكروموسومات أو على مستوى تركيب الكروموسوم. ولتحديد الشذوذات الكروموسومية تم الإستعانة بالخريطة الكروموسومية القياسية لذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر *D.melanogaster* (Lindsley and Grill 1967). وفيما يلى النتائج المتحصل عليها :-

أولا: تأثير المخلف الصناعى قبل وبعد معالجته كيميائيا لمدة خمسة أجيال متتالية على كل من حجم الجسم وطول مدة التطور والنسبة المئوية التى عاشت من الأفراد موضحة فى الجدول (٦-٧).

جدول ٦-٧: تأثير المخلف الصناعى قبل وبعد معالجته كيميائيا على كل من حجم الجسم وطول مدة التطور والنسبة المئوية التى عاشت من الأفراد.

الأفراد التى عاشت % Survival %		طول فترة التطور Developmental time		حجم الجسم Body size		الجيل Generation
مخلف معالج	مخلف غير معالج	مخلف معالج	مخلف غير معالج	مخلف معالج	مخلف غير معالج	
-2	-18*	0.036	+0.042	+1.23	-1.78	1
+5	-20*	0.014	+0.038	-2.12	-2.28	2
+3	-15*	0.085	+0.312	-0.66	-2.60	3
-4	-25*	0.011	+0.348*	+1.01	-4.62*	4
-3	-31**	0.017	+0.381*	+1.53	-7.54*	5

القيم فى الجدول مأخوذة على هيئة إنحرافات من الكنترول العلامة * ، ** تشير إلى معنوية الإنحرافات عند درجة إحتمال 0.05 ، 0.01 على الترتيب.

من هذه النتائج يتضح أن المعاملة بالمخلف الصناعى قبل معالجته كيميائيا كانت لها تأثير واضح على خفض كل من حجم الجسم والنسبة المئوية للأفراد التى عاشت بعد المعاملة خاصة بعد الجيل الخامس من المعاملة. كما أدت المعاملة هذه إلى زيادة واضحة فى طول فترة التطور خاصة عند الجيل الخامس.

كما أظهرت النتائج وبكل وضوح أن المعاملة بالمخلف الصناعى بعد معالجته كيميائيا لم يكن لها أى تأثير واضح على صفات المواءمة التى درست.

وبالفحص السيتولوجى لكروموسومات الغدد اللعابية فى العشيرة التى جمعت من الطبيعة والتى أستعملت فى هذا البحث وجد أنها تحتوى على ثمانية إنقلابات كروموسومية معروفة قبل ذلك ومدونة عالميا. هذه الإنقلابات الثمانية موضحة فى الشكل (٦-٧).

ورموز الإنقلابات هى كما يلى :-

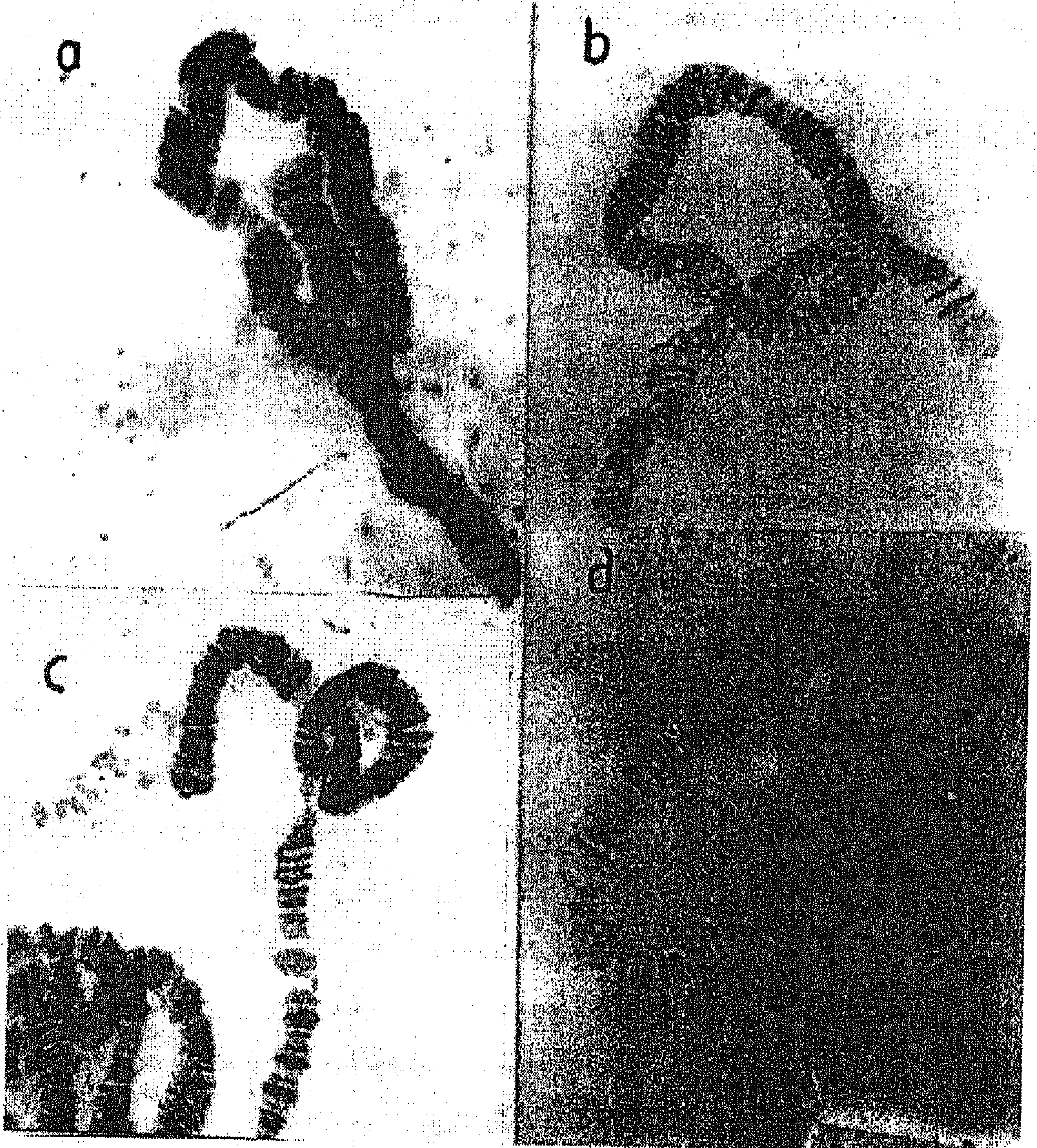
(2L)Cy = إنقلاب على الذراع الأيسر للكروموسوم الثانى.

(2R)Ns = إنقلاب على الذراع الأيمن للكروموسوم الثانى.

(3L)P = إنقلاب على الذراع الأيسر للكروموسوم الثالث.

(3R)Mo = إنقلاب على الذراع الأيمن للكروموسوم الثالث.

والرموز Cy و Ns و P هى رموز وضعها مكتشفوها وذلك للتمييز بينها لأن كل إنقلاب كروموسومى يختلف من حيث طوله وموقعه على الكروموسوم.



a- (2L)NS b- (2L)Cy

c- (2R)NS d-(3R)M

شكل ٦-٧: الإنقلابات الكروموسومية فى عشيرة الدروسوفلا الطبيعية.

a- (3L)P

b- (3R)P

c- (3R)Mo

d-(3R)C

تابع شكل ٦-٧: الإنقلابات الكروموسومية فى عشيرة الدروسوفلا الطبيعية.

تكرار هذه الإنقلابات الكروموسومية فى الأفراد المعاملـــة والأفـــراد الغيـــر معاملة موضحة فى الجدول (٧ –٧).

جدول ٧-٧: تكرار الإنقلابات الكروموسومية فى الأفراد المعاملة والأفراد الغير معاملة.

الإنقلاب Inversion	الكنترول Control	المخلف الغير معامل Raw waste	المخلف المعامل Treated waste
الكروموسوم الثانى			
(2L)NS	3.5	6.0	4.0
(2L)t	12.9	12.5	11.5
(2R)Ns	10.5	13.5	10.0
الكروموسوم الثالث			
(3L)P	9.3	9.0	10.0
(3L)M	6.7	4.0	5.5
(3R)P	11.9	6.5	12.0
(3R)Mo	2.1	11.5	2.5
(3R)C	8.2	11.5	9.0

من هذه النتائج يمكن القول بأن المعاملة بالمخلف الصناعى قبـــل معالجتـــه كيميائيا أدت إلى إحداث تغيرات فى تكرار الإنقلابات الكروموسومية الثمانية. ولقد لوحظ زيادة تكرار بعض الإنقلابات الكروموسومية بينما نقص تكرار البعض الآخر.

كما يلاحظ أن المعاملة بالمخلف الصناعى بعد معالجته كيميائيا لم يكن لها أى تأثير بالنسبة للتغيرات فى التكرارات الكروموسومية.

كما لم يكن للمعاملة بالمخلف الصناعى سواء قبل أو بعد معالجته كيميائيا فى إنتاج أى شذوذات كروموســـومية أخـــرى كـــالنقص أو الإضـــافة أو الإنتقـــالات الكروموسومية.

هذا وقد علل الفرق بين تأثير المخلف الصناعى قبل وبعد معالجته كيميائيا إلى إختلاف المكونات الكيميائية لكل منها وذلك نتيجة المعالجة الكيميائية. ولقد أظهر هذا البحث خطورة التخلص من النفايات الصناعية قبل معالجتها كيميائيا.

٢- على النباتات

أما بالنسبة للنباتات فقد أختير نبات الفول لإجراء مثل هذه الدراسات عليه كنموذج نباتى (سهل التعامل معه) لمعرفة الأضرار التى قد تصيب الثروة النباتية (Ayoubi., 2004). ولقد تم دراسة تأثير بعض المخلفات الصناعية السائلة قبل وبعد معالجتها كيميائيا (للتخلص من ما بها من مواد كيميائية ومعادن قد تكون ضارة) على نبات الفول. ولقد أختبرت فى هذه الدراسة ثلاثة مصانع تختلف فى نشاطها الصناعى وهى :-

١- مصانع النحاس المصرية.

٢- مطابع محرم بك.

٣- شركة الإسماعيلية للصباغة.

ولإجراء هذا البحث نميت بذور الفول البلدى بين طبقتين من ورق الترشيح مبلل بالماء العادى (وذلك للمقارنة Control). أما بالنسبة للمعاملات فكانت تؤخذ عينات من المخلفات من كل مصنع على حدة تمثل المخلفات التى يتخلص منها فى البيئة. هذه المخلفات هى مخلفات سائلة. والمخلف الخاص بكل مصنع كان يقسم إلى جزئين :-

١- جزء غير معامل وكما هو Raw ناتج من المصنع دون أى معالجة كيميائية.

٢- جزء آخر كان يعالج كيميائيا (للتخلص مما به من مواد كيميائية قد يكون لها تأثيرات ضارة كعناصر ثقيلة وغيرها). بحيث يخرج بعد المعاملة ليكون صالح للرى والزراعة.

من الجزء المخلف الصناعى الخام (دون معالجة) أى Raw كان يؤخذ ثلاثة تركيزات هى :-

أ- المخلف Raw بتركيز 100% كما هو دون تخفيف.

ب-المخلف Raw بتركيز 50% أى أن المخلف يخفف بالماء إلى النصف.

جـ- المخلف Raw بتركيز 25% أى أن المخلف يخفف بالماء إلى الربع.

وعلى ذلك كان يوجد لدينا لكل مصنع خمسة معـــاملات هـــى الثلاثـــة الـــسابقة بالإضافة إلى:-

د- المخلف Raw معالج كيميائيا (وذلك كما فى البحث السابق).

هـ- كنترول Control بالماء العادى.

كانت بذور الفول تنمى بين ورق ترشيح مبلـــل كثيـــرا بـــسائل مـــن هـــذه المعاملات ويترك الجذر الإبتدائى ينمو إلى أن تظهر الجذور الثانوية ويصل طولها حوالى 1.5 سم. تؤخذ الجذور وتقطع وتوضع فى محلول قتل وتثبيت (مكون من 3 جزء كحول إيثايل : 1 جزء حامض خليك) وذلك لمدة 24 ساعة. ثم تنقل الجذور إلى زجاجات حفظ تحتوى على كحول إيثايل 70 وتحفظ فى الثلاجة لحين الحاجـــة إليها.

ولتحضير الشرائح الميكوسكوبيه: تؤخذ الجذور الثانوية ويقطع منها القمـــم النامية فقط أى حوالى 0.5 سم ثم توضع هذه القمم النامية على شريحة ميكرسكوبية فى نقطة من محلول صبغة الأسيتوكارمن (1 gm كـــارمن + 200 ml حـــامض خليك 45%). تهرس القمم النامية للجذور فى الصيغة هرسا جيداً وتتـــرك لتأخـــذ الصيغة لمدة نصف ساعة ثم يوضع عليها غطاء الشريحة ويـــضغط عليهـــا بـــين ورقتين ترشيح لإزالة الصيغة الزائدة ثم تفحص. كان الفحص يتم لعدد لا يقل عن خمسة تخضيرات ميكرسكوبية لكل معاملة من المعاملات المذكورة ولكل مـــصنع بنفس الطريقة. وكان يفحص فى كل شريحة :-

١- عدد أدوار الإنقسام الميتوزى Mitosis المختلفة وعدد الخلايا ثم يستخرج منها نسبة الخلايا المنقسمة لكل دور من أدوار الأنقسام الميتوزى أى عدد خلايا دور وضع المتوسط مثلاً Metaphase منسوبا على العدد الكلى للخلايا. حتى نعلم هل هناك تأثير مختلف للمخلف الصناعى علــى الأدوار المختلفــة أم أن التأثير عام على كل الأدوار فقد يكون هناك تأثير أشد على دور معين بعينة.

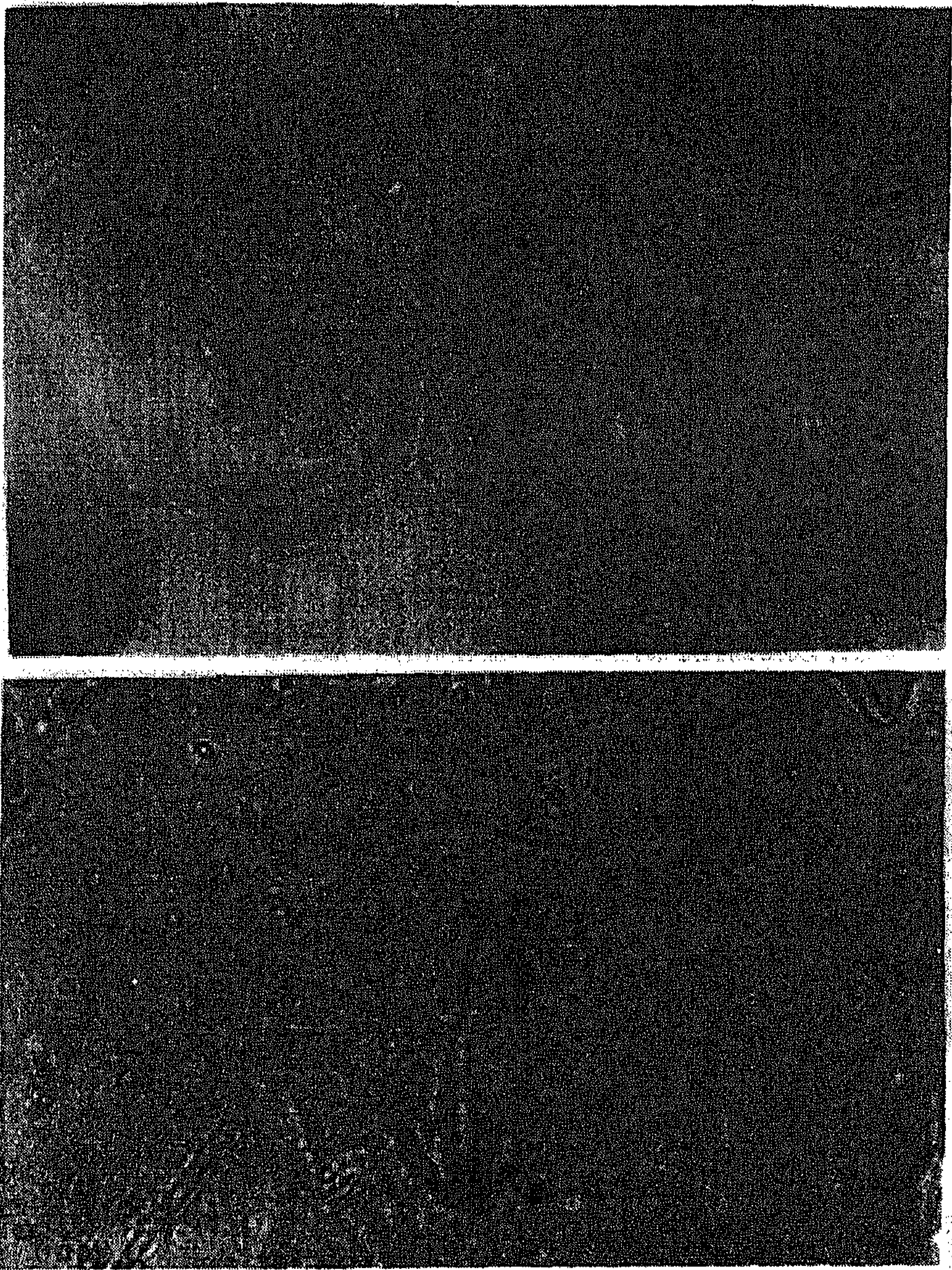
٢- الشذوذات الكروموسومية التى قد يحدثها المخلف الصناعى.

لقد أظهرت نتائج هذه الدراسة بكل وضوح أن تعريض خلايا القمم الناميــة لجذور نبات الفول لأى من هذه التركيزات أدى إلى تقليل النشاط الميتوزى بدرجــة كبيرة وبصورة عامة لهذه المخلفات خصوصا عند التركيز العالى. كمــا أدى هــذا التعرض إلى حدوث عدد من الشذوذات الميتوزية وذلك كما هو موضح فى الشكل (٧-٧). إختلف تكرار هذه الشذوذات الكروموسومية باختلاف المصدر المأخوذ منه المخلف الصناعى. كما وجد أن تعريض هذه الجذور إلى المخلف الصــناعى بعــد معاملته بمعاملات تكنولوجية قياسية لم يقلل من هذا التأثير بدرجــة كبيــره. وقــد أوضحت النتائج مدى خطورة التلوث البيئى الناشى عن هذه المخلفــات الصــناعية بالنسبة للكائنات التى تتعرض لها وأهمية إيجاد الوسائل اللازمة لتقليل هذه الآثار.



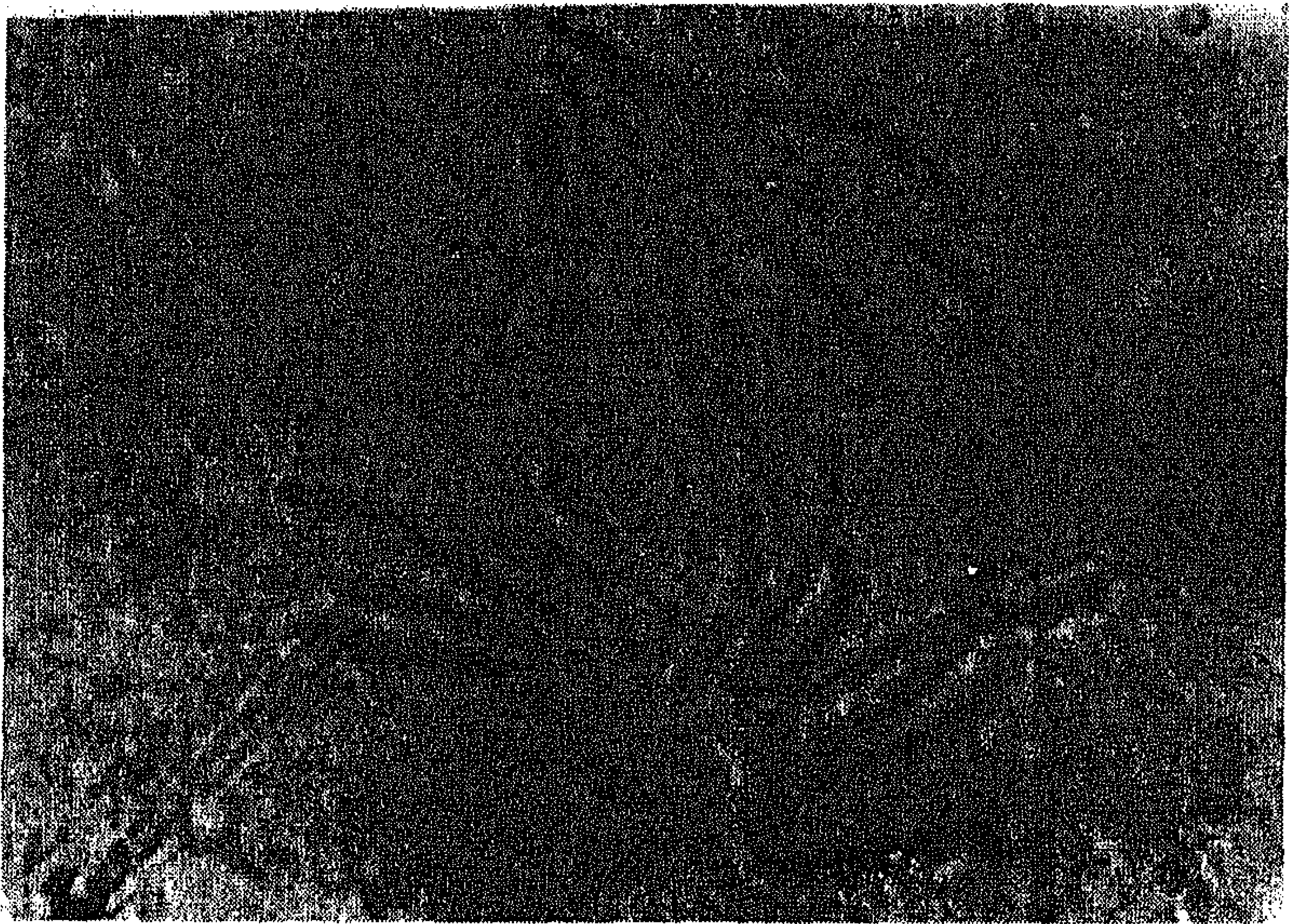


شكل ٧ – ٧: تأخر أو تلكؤ كروموسوم lagging chromosome
أو أكثر في الوصول إلى أحد القطبين

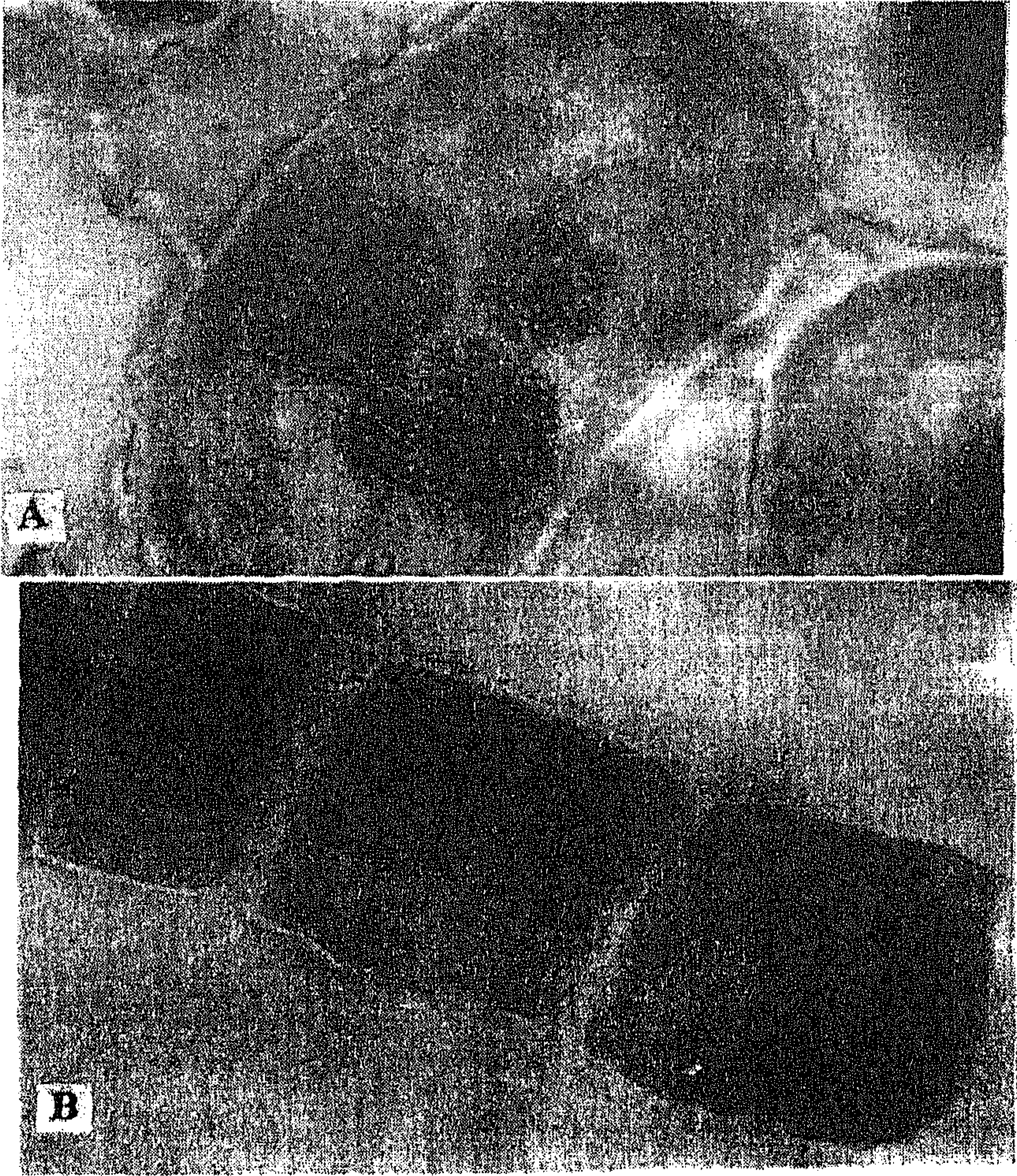


تابع شكل ٧ – ٧: الجسر الكروماتيدى أثناء إنقسام الكروموسومات فى خلايا نباتية.





تابع شكل ٧ – ٧: التوزيع غير المنتظم للكروموسومات في الدور الانفصالي Anaphase ينشأ عنه تكوين خلايا أو جاميطات بها أعداد عشوائية من الكروموسومات (في هذه الحالة الجاميطات تكون عقيمة).



تابع شكل ٧ – ٧٢: التوزيع غير المنتظم للكروموسومات حيث تتكون في الدور النهائي Telophase نواتين أو ثلاثة أنوية كما في (A) بدلا من التكوين الطبيعي لنوايتين متساويتين في العدد الكروموسومي كما في (B).





تابع شكل ٧ – ٧: تضاعف كروموسومي في خلية نباتية.

A: خلية عادية بها العدد الثنائي من الكروموسومات .

B: خلية متضاعفة ذاتياً لعدد الكروموسومات الموجودة في الخليةA .

وعلى نبات البصل أيضا تم دراسة تأثير ثلاثة عشر من المخلفات الصناعية على السلوك الميتوزى فى جذور البصل حيث أستخدم ثلاثة تركيزات من كل مخلف من هذه المخلفات لمدة 48 ساعة. أوضحت النتائج أن المعاملة بالمخلفات الصناعية فى كل الحالات أدت إلى اختزال النشاط اليمتوزى لخلايا القمم النامية لجذور البصل وذلك مقارنة بالنشاط الميتوزى فى الجذور غير المعاملة. ولقد تفاوت هذا التأثير باختلاف نوع المخلف الصناعى وكذلك باختلاف التركيز. كما وجد أن بعض هذه المخلفات الصناعية كان لها تأثير فعال فى إستحداث بعض طرز من الشذوذات الميتوزية مثل الدور الإستوائى المستديم وخلايا رباعية العدد الكروموسومى وكذلك التلكؤ الكروموسومى وتكوين خلايا ذات نواتين. ويرجع وجود مثل هذه الشذوذات لتأثير هذه المخلفات على منع تكوين خيوط الغزل وكذلك عدم إنقسام السيتوبلازم ولكنها لا تمنع تضاعف الكروموسومات. كما وجد فى معظم الحالات أن المخلف الصناعى الخام كان له تأثير أكبر من المخلف الصناعى المخفف.

ثانيا: أخطار التأثير الوراثى للمبيدات

١- على الحيوانات الثديية

تم دراسة التأثير الضار على المادة الوراثية الناتج عن إستخدام مبيد حشرى من مجموعة البيروثريدات وهو مبيد الديسيز والمعروف بإسم الدلتاميثرين على كل من :-

أ- الفئران (2n =40) *Mus musculus*.

ب- الجرزان (2n =42) *Rattus norvegicus*.

جـ- الإنسان (2n =46) *Homo sapiens*.

ولقد أجريت هذه الدراسة بعد التنشيط المتابولزمى وكذلك بدون التنشيط المتابولزمى وذلك لمعرفة الآثار الضارة لهذا المبيد على المادة الوراثية للخلايا الجسمية وكذلك قدرته فى الوصول للخلايا الجنسية. ولقد تم إختيار أربعة جرعات

من هذا المبيد لمعاملة كروموسومات القوارض وأربعة جرعات أخــرى مختلفــة لمعاملة كروموسومات الإنسان. ولقد أوضحت نتائج هذه الدراسة ما يلى :-

١- إستخدام الجرعات العالية من هذا المبيد أدى إلى خفض ملحوظ ومعنوى فى النشاط الميتوزى.

٢- المبيد دلتامثرين له نشاط تكسيرى موجب للمادة الوراثية حيــث أظهــرت الدراسة عدد من الشذوذات الكروموسومية فى أنوية نخاع عظام الفئران المعاملة.

٣- هذا المبيد أظهر أيضا نشاط تكسيرى موجب للمادة الوراثية فى الجــرزان كما أنتج تضاعفا للهيئة الكروموسومية.

٤- المبيد دلتامثرين له القدرة على الوصول للنسيج الجنسى واحــداث ضــرر تكسيرى للمادة الوراثية بها.

٥- بالنسبة لخلايا الإنسان أوضحت الدراسة على مزارع الخلايا الليمفاويــة أن مبيد دلتامثرين له قدرة تكسيرية موجبة للكروموســومات حتــى بــدون تنــشيط ميتابولزمى.

من نتائج هذه الدراسة يمكن التوصية بضرورة إستبعاد هذا المبيد من الإستخدام حيث يعتبر ملوث بيئى غير مطلوب إستخدامة فى المقاومة لخطورته.

كما تم أيضا دراسة التأثير الضار على المادة الوراثية الناتج عن إســتخدام مبيــد حــشرى آخــر مجموعــة البيروثريــدات وهــو مبيــد ثيرميثــرين (Bhunya and Pati,1988) علــى الفئــران المعمليــة البيــضاء (2n =40) *Mus musculus*. ذات عمر من 2-3 أشهر. بعد معاملة الفئران بالمبيد لعــدة أيام تم ذبح الفئران وتم فحص خلايا نخاع العظام وخلايا الخصية والخلايا الأوليــة للحيوانات المنوية سيتولوجيا لدراسة النشاط الخلوى والشذوذ الكروموسومى فى كل منها. أظهرت هذه الدراسة ما يلى :-

١- أدت المعاملة بالمبيد إلى خفض نشاط الانقسام الميتوزى فى خلايا النخــاع إلى حوالى 50 % بالمقارنة بالأفراد الغير معاملة (الكنترول).

٢- أدت المعاملة بالمبيد إلى إحداث شذوذات كروموسومية كانت أغلبها نقص كروموسومي وشظايا كروموسومية خاصة كلما زاد تركيز المبيد.

٢- على الحشرات

أجرى هذا البحث لدراسة تأثير مبيد المالاثيون على إحداث تغيرات وراثية فى عشائر الدروسوفلا ميلانوجاستر كذلك تأثير هذا المبيد على موائمة العشيرة للظروف البيئية أو على مدى تأثير قدرتها التنافسية مع عشائر الأنواع الأخرى من الدروسوفلا.

وقد أجريت الدراسة على ثلاثة عشائر من حشرة الدروسوفلا ميلانوجاستر جمعت من العجمى وكفر الشيخ وشبين الكوم. ربيت كل عشيرة لمدة عشرة أجيال متتالية على بيئة تحتوى 10 جزء فى المليون من المالاثيون وأخرى خالية من المبيد وكذلك عشيرة من الدروسوفيلا سيميولانس. أوضحت النتائج أن مبيد المالاثيون ليس له تاثير طفرى على الأقل مع التركيز المستخدم منه وهو 10 جزء فى المليون. ولقد كان للمعاملة بالمبيد تأثير واضح على حيوية العشيرة حيث أدت إلى نقص معنوى فى حجم الجسم خصوصا فى الأجيال الأولى من المعاملة. كذلك أوضحت المعاملة أن المبيد له تاثير واضح على القدرة التنافسية للعشيرة خاصة عندما يكون التنافس بين الأنواع المختلفة من الدروسوفلا ميلانوجاستر *D.melanogaster* والدروسوفلا سيميولانس *D.simulans*) على بيئة غذائية بها مبيد عنه على بيئة غذائية خالية من المبيد.

ولقد أستنتج من هذه النتائج أنه بالرغم من ضعف التأثير الطفرى للمبيد إلا أنه قد يؤثر على التوازن الحيوى للعشائر الطبيعية نتيجة تأثيره على بعض صفات الموائمة فى هذه العشائر.

١- على الأسماك

أجريت هذه الدراسة (Masry *et al* 2003) لإختبار مدى إمكانية إستخدام وتوظيف جينوم السمك ككشاف حساس وسريع وغير مكلف فى الكشف عن ملوثات البيئة المائية. أستخدم فى هذا الغرض جنسين من سمك البلطى هما :-

١- البلطى النيلى *Oreochromis nhloticus*.

٢- البلطى الأخضر *Tilapia zillii*.

وقد أستخدم فى هذه الدراسة المبيد الحشرى المسمى سيبرمثيرين كملوث وذلك بتركيزات مناسبة ومعروفة مسبقا بقدرتها على إحداث أضرار وراثية للكائنات الأخرى. ولقد تم فى هذه الدراسة :-

٣- تقدير النشاط الخلوى.

٤- تقدير النشاط الإنزيمى لبعض الإنزيمات.

٣- تحليل الشذوذ الكروموسومى فى خلايا السمك.

أوضحت نتائج هذه الدراسة ما يلى :-

١- أوضحت نتائج تقدير النشاط الميتوزى أن المعاملة بالمبيد أدت إلى إنخفاض النشاط الميتوزى فى السمك من الجنس *Tilapia zillii* من 21.1% فى المجموعة الضابطة (الكنترول) إلى 6.7% بعد المعاملة.

أما فى الجنس *Oreochromis nhloticus* فقد إنخفض النشاط الميتوزى من 22.0 % فى المجموعة الضابطة (الكنترول) إلى 6.9% بعد المعاملة.

٢- بالنسبة للنشاط الإنزيمى وبروتينات الكبد وجد أن هناك تفاوتا فى نشاط فى كل من إنزيم GPT و إنزيم GOT فى كلا الجنسين الجنسين وأن المعاملة بالمبيد قد أثرت معنويا فى خفض هذا النشاط.

٣- أظهر الفحص الميكرسكوبى للكروموسومات أن المعاملة بكلوريد الزئبق أدت إلى إحداث عدد من الشذوذات الكروموسومية مثل النقص الكروموسومى Deletions والشظايا الكروموسومية Chromosome fragments وذلك فى

الجنس *Tilapia zillii* بينما فى الجنس *Oreochromis nhloticus* كانت هذه الشذوذات عبارة عن التلكؤ الكروموسومى Lagging chromosome والـشظايا الكروموسـومية Chromosome fragments ولزوجـة الكروموسـومات Chromosome lyses.

٤- على النباتات

أجريت دراسة لاختبار التأثير السمى لمبيد الكلوربان Chlorban (وهو مبيد من مجموعة المبيدات الفوسفورية العضوية Organophosphors) علـى نبـات الفول *Allium cepa* (2n=16). ولقد تمت الدراسة بتنمية الفـول علـى ثلاثـة تركيزات مختلفة من المبيد أحدهما مساو أو مكافئ للتركيز المستعمل فـى الحقـل (0.12 gm) وتركيز ثانى نصفه والتركيز الثالـث ضـعفه. والتركيـزات التـى أستعملت فى التجربة هى 0.24 gm و 0.12 gm و 0.06 gm من المبيد. بعد المعاملة تم تقدير معدل الإنقسام الميتوزى فى أزمنة مختلفة أى بعد 24 , 48 , 72 ساعة من المعاملة. كما درست حالات الشذوذ الكروموسومى فى خلايا القمم النامية لجذور النباتات المعاملة. أوضحت الدراسة ما يلى :-

١- مع زيادة وقت المعاملة وتحت أى تركيز للمبيد حدث إنخفاض معنوى فى معدل الإنقسام الميتوزى خاصة بزيادة التركيز.

٢- كانت هناك زيادة معنوية فى حدوث عدد من الـشذوذات الكروموسـومية التركيبية مثل :-

أ- النقص الكروموسومى Deletions.

ب- والشظايا الكروموسومية Chromosome fragments.

جـ- التلكؤ الكروموسومى Lagging chromosome.

د- التوزيع غير المنتظم للكروموسومات حيث تتكون في الدور النهائي Telophase نواتين أو ثلاثة أنوية. نسبة هذه الشذوذات الكروموسومية كانت تزداد بزيادة التركيز وأيضا بزيادة وقت التعريض.

من كل ما سبق يتضح المخاطر الوراثية التى يسببها التلوث البيئى فى إحداث طفرات ضارة سواء على المستوى الجينى أو المستوى الكروموسومى للكائنات الحية والتى سوف تظهر آثارها السيئة فى الأجيال التالية. التأثير الوراثى للتلوث البيئى قد يؤثر على القدرة التنافسية للكائنات الحية سواء على مستوى العشائر أو بين الأنواع. مثل هذا التأثير قد يحدث إختلال فى التوازن البيولوجى البيئى بين الكائنات الحية وهذا ما سوف نستعرضه بالتفصيل فى الباب الثامن التالى.

الباب الثامن
التلوث البيئى
واختلال التوازن البيولوجى البيئى

أولا: التوازن البيولوجى البيئى

إختلال التوازن البيولوجى البيئى هو إختلال حجم عشائر الأنواع المختلفة من الكائنات الحية عن حالة الإتزان الموجود عليها هذه العشائر تحت الظروف البيئية الطبيعية وذلك بسبب تغيرات غير طبيعية ومفاجئة فى هذه الظروف البيئية. فالتغيرات الموسمية والتى تختلف من موسم إلى آخر لا تعتبر تغيرات غير طبيعية لأنها تحدث سنويا وبنفس الأسلوب وإن أحدثت بعض التغير فى بعض العشائر فإن هذا التغير يكون مؤقت وينتهى بمجرد إنتهاء الموسم. أما التغيرات الغير طبيعية والمفاجئة التى تحدث للظروف البيئية فهى معظم مسببات تلوث التربة والماء والهواء من إستخدام المبيدات والكيماويات من معادن ثقيلة وخلافها والإشعاعات بأنواعها. وبجانب أن هذا التلوث البيئى يلحق الضرر بالكائنات الحية فإنه أيضا يعمل على :-

١- هجرة طيور كثيرة نافعة.
٢- الإضرار بالثروة السمكية.
٣- الإضرار بالشعب المرجانية، والتي بدورها تؤثر على الجذب السياحي وفي نفس الوقت على الثروة السمكية حيث تتخذ العديد من الأسماك من هذه الشعب المرجانية سكناً وبيئة لها.
٤- تغير المواءمة الوراثية Genetic homeostasis والقدرة التنافسية Competitive ability وبالتالى التأقلم Adaptation لبعض أنواع الكائنات الحية.

٥- إختلال حجم عشائر أنواع مختلفة من الكائنات الحية مما قد يؤدى إلى إختفاء مجموعات نباتية وحيوانية أو بمعنى آخر إنقراضها.

وعندما نتحدث عن التوازن البيولوجى البيئى يجب أن نلقى بعض الضوء على الإنتخاب الطبيعى والتطور. يقصد بالإنتخاب الطبيعى إختيار أشكال مظهرية ذو تراكيب وراثية أكثر مواءمة للظروف البيئية المتاحة لتكون آباء للأجيال التالية. وعلى ذلك فالإنتخاب الطبيعى يعمل على الإختلافات الوراثية بين أفراد العشيرة. وكلما زادت هذه الإختلافات كلما وجد الإنتخاب الطبيعى مادة يعمل عليها. وفى نفس الوقت يعمل على إزالة الإختلافات الغير مناسبة أو الغير أو الإقل مواءمة وهذا بالطبع يكون لصالح بقاء واستمرار العشيرة.

وقد يحدث التطور بتراكم التغيرات من جيل إلى آخر على نحو غير ملحوظ إلى أن يتحول هذا التغير الكمى غير الملحوظ إلى تغير كيفى. وقد يحدث التغير بأن تظهر طفرات وراثية فجأة فى أحد الأفراد يكون أكثر تكيفا ومواءمة مع البيئة. فأسلاف الزراف الحالى وكانوا قصيرى الرقبة تواجدوا فى بيئة أصبح الوصول فيها للطعام أصعب كلما إقتربوا من الأرض فظهرت لدى بعضهم رقاب أطول نتيجة لطفرة وراثية (وليس نتيجة قانون الإستعمال والإهمال الذى وضعه العالم لامارك). هذه الطفرة الوراثية أعطتهم القدرة للوصول لأوراق الأشجار العالية بدرجة أكفأ من قصيرى الرقبة. وبذلك كان للزراف ذو الرقبة الطويلة فرصة أكبر فى البقاء وتوريث صفاتهم إلى نسلهم. وجيلا بعد جيل أخذ أنسال الزراف قصيرى القامة فى النقصان ثم إنتهى الأمر بالإنقراض وعلى العكس تزايدت أعداد الزراف طويل القامة وتمكن من المعيشة والبقاء إلى وقتنا الحالى.

إن التطور ليس عملية تلقائية أو ميكانيكية حتمية تحدث فى مرحلة ما لكل الكائنات الحية كما يظن البعض. فمازالت المملكتين الحيوانية والنباتية تزخر بمئات الأنواع التى لم يحدث لها أى تطور منذ ملايين أو آلاف السنين لكونها متكيفة تماما مع بيئتها ولا يوجد أى تغير فى البيئة يدفعها للتطور. فى نفس الوقت

تنقرض مئات الأنواع من الكائنات الحية أمام أعيننا لأنها أصبحت تواجه صعوبات للتكيف والتأقلم والمواءمة مع البيئة المتغيرة وتظهر أنواع جديدة أكثر مواءمة.

كان من نتيجة الإنتخاب الطبيعي والتطور أن وصلت الحياة إلى هذا القدر العالي من تنوع من نباتات وحيوانات وحيدة الخلية ومتعددة الخلايا , ونباتات متعددة الخلايا زهرية ولازهرية , وحيوانات متعددة الخلايا فقارية وحيوانات لافقارية. وتنوع كل هذه الكائنات الموجودة على الأرض حاليا وصل إلى أكثر من مليون ونصف المليون من أنواع الحيوانات وأكثر من مليون من أنوع النباتات. ويجب الأخذ فى الحسبان والإعتبار أن هناك ملايين الأنواع الأخرى قد إنقرضت مع مرور آلاف الآلاف من السنين لأنها لم تستطيع المواءمة والتكيف مع الظروف البيئية مثلما حدث للزواحف الضخمة كالديناصورات والثدييات الضخمة كالماموث. هذا يؤكد أن البقاء ليس للأقوى ولكن البقاء للأصلح والأكثر مواءمة مع الظروف البيئية. ويدلنا على الكائنات التى إنقرضت ما تركته هذه الكائنات من آثار أو بقايا فى الصخور وهو ما يسمى بالحفريات.

من المعروف أن الأفراد المكونة لأى عشيرة طبيعية تختلف فيما بينها من حيث الشكل المظهرى والتركيب الوراثي. بعض هذه التراكيب الوراثية يفوق أو يقل عن البعض الآخر من حيث المواءمة Fitness للبقاء والإستمرار فى الحياة تحت ظروف بيئية معينة. وعلى ذلك سوف تكون الأفراد الأكثر مواءمة الجزء الأكبر من العشيرة. وفى الأجيال التالية تزداد الأفراد أو التراكيب الوراثية الأكثر مواءمة فى حين تتناقص الأفراد الأقل مواءمة مالم تحدث تغيرات فى الظروف البيئية. هذا التزايد أو التناقص لتراكيب جينية معينة يخضع لفعل الإنتخاب الطبيعي Natural selection والذى كان أول من أشار إليه العالم الإنجليزى دارون Darwin فى كتابه أصل الأنواع. وعلى ذلك فمن المقبول القول أن هناك أشكال مظهرية ذات تراكيب وراثية معينة تختار وتنتخب بفعل الإنتخاب الطبيعي لتكون آباء للأجيال التالية لأنها أكثر مواءمة للظروف البيئية المتاحة. أما إذا تغيرت هذه

الظروف البيئية إلى ظروف بيئية مختلفة فقد تختار أشكال وتراكيب وراثية أخرى تكون أكثر مواءمة من التراكيب الوراثية السابقة للظروف البيئية الجديدة. وعلى ذلك يمكن القول بأن الإنتخاب الطبيعى يعمل على الإختلافات الوراثية بين الأفراد المكونة للعشيرة لأى نوع من الأنواع. وكلما زادت هذه الإختلافات كلما وجد الإنتخاب الطبيعى مادة يعمل عليها. وهذا بالطبع يكون لصالح بقاء وإستمرار العشيرة أو النوع فى الحياة. معنى هذا أن هناك أفراد فى العشيرة لها قدرة تأقلمية عالية وهذه تعيش وتتكاثر وتتزايد وتتأقلم على الظروف البيئية وأفراد أخرى لها قدرة تأقلمية أقل أو منخفضة وهذه تكون معرضة للإنقراض. فالتأقلم Adaptation وبقاء النوع وإستمراره فى الحياة وأيضا إنقراض النوع ماهو إلا محصلة لفعل الإنتخاب الطبيعى. فإذا كانت لأفراد عشيرة نوع ما قيمة مواءمة عالية فإنها سوف تعيش وتستمر فى الحياة. أما إذا كانت قيمة مواءمتها للظروف البيئية المتغيرة منخفضة فإنها سوف تتعرض للإندثار والإنقراض تدريجيا. والمواءمة fitness هى النسبة التى يضيفها أحد الأفراد إلى النسل الناتج. ويطلق على هذه النسبة إسم القيمة التأقلمية adaptive value أو القيمة الإنتخابية للفرد selective value. أى بمعنى آخر عدد أفراد النسل الذى يتركه الفرد. فكلما أعطى الفرد نسلا كثير العدد يكون مواءمته أكبر أو أعلى من الفرد الذى يترك عددا أقل من النسل وذلك بالنسبة لنفس العشيرة أو النوع. وعلى ذلك فقيمة المواءمة تتوقف إلى حد كبير على خصوبة الفرد وحيويته وهذا بالتالى يتوقف على التركيب الجينى للفرد. ونحن نعلم أن أفراد العشيرة تختلف فيما بينها من حيث التركيب الوراثى أو الجينى. وعندما يتسبب التركيب الجينى فى خفض مواءمة الفرد بحيث يموت قبل أن يترك نسلا أو أن يعيش طبيعيا ولكن لايترك نسلا فإن هذه الحالة تعلاف باسم الموت الوراثى Genetic death. وكلما زادت حالات الموت الوراثى فى العشيرة كلما إنخفض معدل إنتشارها بدرجة قد تؤدى إلى إخفاق النوع مثلا فى إستعمار بيئة معينة خالية قبل غيره من الأنواع. ولكن فى

نفس الوقت إذا كانت سرعة التكاثر مرتفعة لدرجة أن الذى يحدد عدد الأفراد البالغة هى العوامل التى تتأثر بكثافة النوع فى البيئة فإن معدل الموت الوراثى لن يؤثر على إنتشار وتكاثر النوع مهما أرتفع هذا المعدل. حيث أن موت بعض الأفراد قد يترك فراغا تتكاثر فيه أفراد أخرى كانت ربما معرضة للموت بسبب عوامل أخرى بيئية غير الموت الوراثي. فمثلا لوحظ فى إحدى عشائر الدروسوفلا من النوع *D. tropicalis* أن 50 % من أفراد هذه العشيرة تموت وراثيا فى كل جيل ورغم ذلك كانت العشيرة منتشرة وذات كثافة طبيعية. ولكن من ناحية أخرى ففى الأنواع ذات معدل التكاثر المنخفض مثل الإنسان وغيره من الحيوانات الثديية فإن حالات الموت الوراثى لها أهمية كبيرة.

وعندما نقول أن الإنتخاب الطبيعي يعمل لصالح الأفراد الأعلى مواءمة وضد الأفراد الأقل مواءمة فإن هذا يعنى أن الإنتخاب ماهو إلا تعبير عن الإختلافات فى المواءمة بين الأفراد والذى هو بالتالى مبنى على قدرتهم النسبية فى نقل جيناتهم للأجيال التالية.

والإنتخاب ماهو إلا عبارة عن إختيار أو إستبعاد أشكال مظهرية ذات تراكيب وراثية معينة. والأفراد المنتخبة أو التى لها ميزة إنتخابية هى التى تكون آباء للأجيال التالية. وعلى أى حال ففى الإنتخاب تستغل أنواع التغيرات الوراثية سواء كانت تغيرات جينية أو كروموسومية. والإستجابة للإنتخاب فى عشيرة ما لايعتمد فقط على القوى الإنتخابية selective forces ولكن على خصائص الجينات للأشكال المظهرية المنتخب لها وكذلك على كمية الإختلافات الموجودة. فقد يشمل كل شكل من أشكال الإنتخاب صفات تتأثر بعدد قليل من الجينات وهى ما تعرف بالصفات الوصفية أو قد يشمل إختلافات كمية يتحكم فيها عدد كبير من الجينات.

ثانيا: التنافس والبقاء للأصلح

من ضمن النقاط التى كانت تدور حولها نظرية النشـوء والتطـور والتـى وضعها العالم الإنجليزى تشارلز دارون Charles Darwin عام 1859 فى كتابة أصل الأنواع "Origin of Species" أن كل النباتات والحيوانات تنتج نسلا يزيد فى العدد الذى يمكنه أن يعيش وبذلك فإنه يحدث بين أفراد هذا النسل صراع مـن أجل الحياة. يكون من نتيجة هذا الصراع أن يعيش الأصلح بينما يمـوت الأقـل صلاحية. معنى هذا أنه يوجد تنافس بين الكائنات الحية من أجل البقاء والإستمرار فى الحياة.

والتنافس Competition قد يكون بين الأنواع أو قد يكون داخل نفس النوع الواحد. وسواء كان التنافس بين الأنواع وبعضها أو داخل نفس النوع فـإن درجة التنافس قد تؤدى إلى إستبعاد أو عزل نوع معين أو تركيـب معـين علـى حساب نوع أخر أو تركيب آخر وذلك يعتمد على المقدرة أو القدرة التنافسية بـين الأفراد أو بين الأنواع. وحيث ان جميع التراكيب الوراثية المختلفة تخضع لفعـل الانتخاب الطبيعى فإن المواءمة الوراثية Genetic homeostasis سوف يكـون لها أهمية كبرى فى إختيار أو إنتخاب الأصلح. معنى ذلك أن التركيب الجينى الذى له قدرة عالية على البقاء تحت ظروف بيئية معينة أى الذى له مواءمـة وراثيـة عالية هو الذى سوف يعيش ويستمر بينما التركيب الـذى لـه مواءمـة وراثيـة منخفضة ولا يستطيع التنافس مع غيرة هو الذى سوف يموت وينقرض.

وحتى نتفهم مخاطر التلوث البيئى على التوازن البيولوجى البيئى بين العشائر أو الأنواع يجب علينا أولا أن نستعرض بشيء من التفصيل كل من مواءمة الأفراد أو العشيرة أو النوع للتغيرات البيئية المختلفة وكذلك القدرة التنافسية والإنتخـاب الطبيعى. وعلى ذلك سوف نناقش فيما يلى المواضيع الثلاثة التالية :-

١- المواءمة الوراثية Genetic homeostasis.

٢- الإنتخاب والمواءمة الوراثية.

٣- القدرة التنافسية Competitive ability.

ثالثا: المواءمة Homeostasis

قد يقال أن هذه العشيرة ذات تأقلما عاليا إذا كانت حيويتها عاليـــة. وتعتمـــد العشيرة فى ذلك على الجينات الموجودة فيها ومدى تفاعلها معها. وقد لوحظ فـــى كثير من هذه التفاعلات بين الكائن والبيئة المحيطة به أن هذه التفـــاعلات ليـــست صدفة وكلها تفاعلات ينتج عنها تأقلم adaptation مع البيئة. وسواء كـــان هـــذا التأقلم أو التلائم فسيولوجيا أو نتيجة لإستجابة التراكيب الوراثية لأفـــراد العـــشيرة للبيئة المحيطة فإننا نستطيع أن نقول أن التأقلم ينشا نتيجة لعمـــل الجينـــات التـــى يحملها الفرد كجزء من شبكة معقدة متشابكة من عمليات السيطرة الجينية ثم يلعب الإنتخاب الطبيعى دور حيث يدعم حالات الأفراد من حيث البقاء والتكاثر حفاظـــا للنوع. وتعتبر دراسة المواءمة Homeostasis من أهم النقاط الواجب معرفتهـــا حتى يستطيع المربى أو الباحث أن يعرف ما هو أثر الظروف البيئيـــة المختلفـــة والعوامل الأخرى غير الوراثية على التركيب الوراثى لأى عشيرة. ثم مـــا هـــى العلاقة بين التركيب الوراثى وأثرة على أفراد العشيرة التى تعيش فى ظروف بيئية أخرى غير التى تأقلمت عليها .

والتأقلم ذات أهمية كبيرة فإن دراسته لتأثير الظروف البيئية على التراكيـــب الوراثية لعشيرة معينة مع الأخذ فى الإعتبار ظروف تأقلمية أخرى توضح حقيقـــة مهمة بيولوجيا حيث أن الأفراد ذات التراكيب المواءمة للبيئة التـــى تعـــيش فيهـــا العشيرة تتواجد معها أفراد أخرى من العشيرة ولكن تفشل فى التجاوب مع البيئـــة وبالتالى تقل تكرارات هذه الأفراد فى العشيرة بمرور الأجيال. والأمثلة على ذلك كثير منها مثلا صفة الألبينو فى الإنسان حيث أن هذه الأفراد لا تستطيع المواءمة مع البيئة كالأفراد العادية وتتأثر كثيرا بالظروف البيئية المحيطة .

ولقد عرف العالم والتر كانون Walter Canon المواءمة الفسيولوجية physiological homeostasis على أنها النظام المشترك Co-ordination الكلى للنظام الفسيولوجي المعقد فى الكائن الحى لكى يناسب الظروف البيئية المتغيرة والتى يعيش تحتها.

أما العالمان دارلنجتون وماذر Darlington and Mather عام 1949 والعالم ليرنر Lerner عام 1954 فقد عرفوا المواءمة الوراثية genetic homeostasis على أنها إحدى مكونات العشيرة الأساسية والتى تعمل على وجود توازن فى التركيب الجينى لكى يقاوم التغيرات المفاجئة فى الظروف البيئية.

معنى ذلك انه يمكن القول بأن المواءمة هى التجاوب الإيجابى للأفراد للتغيرات المفاجئة والمستمرة فى الظروف البيئية التى يعيش تحتها. وقد يسلك الكائن الحى سبل مختلفة وعديدة فى البيئات المتباينة ولكنة فى نفس الوقت ينتقى السبل التى تجعل الظاهرة الناتجة صالحة للبقاء والتكاثر فى البيئات المختلفة بعيدة عن الشذوذ والعيوب الخلقية وأيضا الجسمانية الغير طبيعية التى تظهر عيبا مظهريا أو خللا وظيفيا يكون نتيجته عدم المقدرة على الحياة الطبيعية. وبالطبع ليست كل هذه العيوب ذات الأصل وراثي ولكن هذه العيوب قد ترجع إلى البيئة التى يعيش فيها الكائن الحى . وفيما يلى بعض الأمثلة التوضيحية .

أجريت فى إحدى المعامل دراسات على إختلاف الحيوانات فيما بينها فى مقاومة الأمراض وتوارث هذه الصفة من جيل لآخر. وقد تم من خلال هذه الدراسات إستباط سلالة من الدجاج ذات مقاومة عالية للبيئات التى تكون درجة الحرارة فيها مرتفعة وحيث لا تتأثر الوظائف الفسيولوجية والإنتاجية لهذه السلالة تحت هذه الظروف البيئية .

كذلك أجريت تجربة على مقاومة حشرة الدروسوفلا ميلانوجاستر للمبيد الحشرى الـ DDT. تم خلال هذه التجربة تعريض عشيرة من هذه الحشرة إلى تركيز معين من هذا المبيد ولمدة عدة أجيال متتالية. وكان فى كل جيل يؤخذ الأبناء التى كانت تعيش لتكون آباء للجيل الذى يليه. وبعد عدة أجيال لوحظ أن هذه العشيرة أصبحت مقاومة لهذا المبيد واحتفظت بمستوى مقاومة ثابت لمدة خمسة أجيال أو أكثر قبل أن تنحدر هذه المقاومة.

كذلك كثيرا ما يتلائم الفرد مع البيئة التى يعيش فيها . فنلاحظ أن أفراد عشيرة معينة مثلا تعيش فى ظروف بيئية على درجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة نجد أن بعض هذه الأفراد يمكنها أن تتأقلم على الدرجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة هذه بينما البعض الآخر من الأفراد يتأثر بها تأثرا شديدا. والأمثلة على ذلك كثيرة فالإنسان مثلا الذى يعيش فى منطقة الإسكيمو حيث درجات الحرارة المنخفضة والبرودة الشديدة وأيضا الإنسان الذى يعيش فى المنطقة الإستوائية حيث درجة الحرارة المرتفعة نجد أن هناك نوع من الإستجابة فى كلا الحالتين لهذه الظروف والتأقلم معا.

كذلك أوضحت الدراسات التى أجريت على الإنسان أن إختلافات درجة حرارة الجسم طفيفة حتى ولو كانت التغيرات للجو المحيط كبيرة. كما أوضحت الدراسات التى أجريت أيضا على الإنسان لقياس محلول الدم blood fluid أن هذا المحلول ليس حامضيا أو قاعديا فهو أشبه بالمحلول المنظم buffering وذات pH ثابت كما أنه ذات ضغط أسموزى ثابت أيضا ولكن وجد أن هناك فروق أو إختلافات بين الأفراد التى تعيش فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر والمناطق الأخرى المنخفضة عن سطح البحر حيث لوحظ زيادة فى عدد كرات الدم الحمراء blood erythrocytes فى المحلول الدموى كلما زاد الإرتفاع عن سطح البحر. والجدول (١-٨) يوضح ذلك.

جدول ١-٨: عدد كرات الدم الحمراء عند إرتفاعات مختلفة من سطح البحر.

Elevation (meters) الارتفاع بالأمتار	Erythrocytes (millions) كرات الدم الحمراء بالمليون
0000	4.25
1300	5.20
2400	6.00
31.00	6.60
3700	6.80
4100	7.50

كذلك وجد أن ذباب الدروسوفلا ميرنوجاستر *D. melanogaster* كانت وإلى 1960 أكثر أنواع الدروسوفلا انتشارا فى منطقة الشرق الأوسط وذلك لملاءمة البيئة الجغرافية من درجة حرارة ورطوبة وتوفر الغذاء المتاح لها مما أدى الى تكاثرها وزيادة أعدادها وانتشارها عن بقية الأنواع الأخرى. كما أوضحت الدراسات على هذه الذبابة أن حجم جسم فيها يتوقف على كمية الغذاء المتاح لليرقات، فزيادة كمية الغذاء لليرقات يؤدى إلى زيادة حجم الجسم فى الأفراد الناتجة عنها وقلة كمية الغذاء يؤدى الى صغر حجم لجسم هذه الأفراد. كذلك فإن الأبحاث التى أجريت على الأنواع المختلفة من الدروسوفلا فى منطقة الشرق الأوسط أوضحت وجود أنواع أخرى وهى الدروسوفلا سيميولانس *D. simulans* والدروسوفلا هايدى *D. hydei* والدورسوفلا ايمجرانس *D. immigrans* والدروسوفلا بسكاى *D. buskii*. بعد عام 1960 أخذت الدروسوفلا ميلانوجاستر فى التناقص تدريجيا إلى أن أصبحت موجودة بأعداد قليلة جدا بينما أخذت عشيرة الدروسوفلا سيميولانس فى الإزدياد إلى أن أصبحت هى النوع الأكثر شيوعا. أما الأنواع الأخرى من الدروسوفلا فلم يشاهد عليها أى تغير من حيث حجم العشيرة.

هذا التغير فى حجم العشيرة يحدث نتيجة لتغير الظروف البيئية الملاءمة لأفراد العشيرة.

ويمكن تلخيص أهم النقاط التى تناولها هذه الظاهرة فيما يلى :-

أ- التطور فى الأفراد خلطية التلقيح قد أثر على تركيبها الوراثى منتجا نماذج تكوينية developmental pattern ذات درجة عالية من التنظيم الذاتى self regulating.

ب- تحتوى العشائر المندلية على نظام ذاتى قادرا على إظهار تراكيب وراثية ذات قدرة وحيوية كبيرة فى ظروف بيئية معينة .

جـ- قدرة الأفراد غير المتماثلة وامتيازها فى مواءمتها – تحت أى من الظروف – عن الأفراد المتماثلة وذلك خلال التنظيم الذاتى وقدرة الأفراد غير المتماثلة لتبقى وتعيش خلال أطوارها المختلفة. يطلق على هذه الظاهرة إسم canalization أو ظاهرة المواءمة التكوينية developmental homeostasis. وأن التنظيم الذاتى للعشائر المبنى على أثر الإنتخاب الطبيعى لإختيار الأفراد الوسطية intermediates عن الأفراد الكبيرة أو الصغيرة (المتطرفة) ويطلق عليها إصطلاح المواءمة الوراثية genetic homeostasis. وظاهرة المواءمة التكوينية توضح تنظيم الأفراد ذاتيا وبقاءها خلال أطوارها المختلفة فى مواءمة مع البيئة وهى واضحة فى مثال جسم الحشرة الكاملة الذى يعتمد على كمية الغذاء المتاح لليرقة.

د- أدت هذه النقاط المختلفة وخلال تطور العشائر إلى الأثر الواضح فى العشائر والحصول على أفراد غير متماثلة فى تركيبها الوراثى.

هـ- تأثير العوامل ذات الأثر المجمع يكون على الصفات القياسية فى حين أن الصفات التى لها علاقة بحيوية ومواءمة الفرد يظهر عليها أثر العوامل ذات السيادة الفائقة.

و- المحاولات العديدة بواسطة الإنتخاب الصناعى لتغيير متوسط أفراد العشيرة سواء كان ذلك فى الإتجاه الموجب أو السالب والأثر المعاكس للإنتخاب الطبيعى محاولا إبقاء متوسط العشيرة ثابتا خاصة فى الصفات التى لها علاقة بمواءمتها. فالذبابة المنزلية وغيرها من الحشرات التى تكونت لديها مناعة ضد المبيدات الحشرية ومنها الـ DDT مثلا فقد تم ذلك تحت تأثير الإنتخاب الطبيعى لهذه الحشرات. لهذه عموما فإن العشائر المندلية تحتوى على نظام ذاتى قادر على إظهار تراكيب وراثية ذات قدرة وحيوية كبيرة فى ظروف بيئية معينة. وقد وجد أن قدرة الأفراد غير المتماثلة وتميزها عن الأفراد المتماثلة وذلك خلال التنظيم الذى يزيدنا إقتناعا بأن الأفراد المتميزة عن بعضها بالقدرة الوراثية يمكن أن تقف ضد العوامل التى تعمل على هلاكها وتقاومها وتتغلب على الظروف الغير ملائمة. كما وأنه بإجراء المحاولات العديدة لتغيير متوسط العشيرة بواسطة الإنتخاب الصناعى سواء فى الإتجاه الموجب أو السالب يكون معاكسا أو مخالفا لفعل أو تأثير الإنتخاب الطبيعى الذى يعمل على إبقاء متوسط العشيرة ثابت خاصة فى الصفات التى لها علاقة بالموائمة أى بالخصوبة والحيوية. فالإختلافات بين الأفراد فى عشيرة معينة يعطى الفرصة فى أن يكون بعض أفراد هذه العشيرة مقاومة لبعض الأمراض مثلا ويتم توارث هذه الصفة وبواسطة الإنتخاب الطبيعى تزداد تكرار هذه الأفراد مما يعطى للعشيرة وبدون أدنى شك درجة عالية من التأقلم تحت ظروف وجود هذا النوع من الأمراض وبالتالى نجد باستمرار زيادة درجة التأقلم أنه ينتج عشيرة ذات مقاومة عالية لهذا المرض.

رابعا: الإنتخاب والمواءمة الوراثية

الإنتخاب الطبيعي هو تعبيرعن الإختلافات في الخصوبة والحيوية بين الأفراد ذات التراكيب الجينية المختلفة المكونة للعشيرة. أما في الانتخاب الصناعي نجد أن المربي هو الذي ينتخب أشكال مظهرية أو صفات اقتصادية ذات تراكيب جينية معينة مرغوبة بالنسبة للمربي. ولقد شوهد في عديد من نتائج تجارب الانتخاب الصناعي أن الإستجابة للإنتخاب selection response تستمر لعدة أجيال والتي بعدها تتوقف الإستجابة للإنتخاب نتيجة زيادة تماثل التركيب الجيني للأفراد المنتخبة. ولقد شوهد أيضا إنخفاض الخصوبة في السلالات المنتخبة. هذا الإنخفاض في خصوبة السلالات المنتخبة يعتبر من العوامل المهمة التي قد تؤثر على الإستجابة للإنتخاب إن لم يكن يؤثر على وجود السلالة المنتخبة نفسها. وإذا أوقف الإنتخاب لمدة جيل أو أكثر يلاحظ أن السلالات المنتخبة تسترد قوة خصوبتها نوعا ما خلال التلقيح الإعتباطي بين أفرادها بدون إنتخاب. وإذا أجري الإنتخاب بعد ذلك فقد تحدث إستجابة للإنتخاب تكون مساوية للإستجابة للإنتخاب والمتحصل عليها في آخر جيل إنتخابي قبل إيقاف عملية الإنتخاب.

هذه الظاهرة يمكن تعليلها على أساس أنه يوجد نظام متوازن في العشيرة البرية وهذا النظام موجود بين جميع صفات العشيرة ويعمل على إيجاد أعلى خصوبة وحيوية لأفراد هذه العشيرة. ولكن بالإنتخاب الصناعي يعمل المربي على هدم هذا النظام المتوازن وبالتالي تنخفض خصوبة وحيوية الأفراد في السلالات المنتخبة. وعندما يوقف الإنتخاب الصناعي ولو لفترة فإن الإنتخاب الطبيعي يبدأ بالقيام بدورة والعمل على إرجاع حالة التوازن كما كانت من قبل وبالتالي تزدادا خصوبة الأفراد في السلالات المنتخبة.

ولقد أوضحت المشاهدات والتجارب على العشائر المندلية أن أحسن الأفراد أقلمة أو مواءمة للظروف البيئية المختلفة هي الأفراد التي تحتوي على تركيبات

جينية متوافقة لجميع الصفات والتى تؤدى إلى أعلى خصوبة وحيوية وأن الإنتخاب الطبيعى يلعب دوره على جميع الصفات محابياً أو مفضلا أو فى صالح الأفراد التى يظهر عليها الصفات قريبا من متوسط العشيرة. ولقد ذكر العالم رايت Wright عام 1951 أن أحسن الأفراد أقلمة فى أى نوع من أنواع الكائنات الحية هى التى تظهر عليها جميع الصفات قريبة من متوسط العشيرة أى المجموعة الوسطية intermediates وليست الأفراد أو المجاميع المتطرفة extremes. ولكى يحدث التوازن بين جميع الصفات لابد وأن تظهر أشكال مظهرية بعيدة كل البعد عن متوسط العشيرة أى أفراد متطرفة extremes وعلى مثل هذه الأفراد يقوم الإنتخاب الطبيعى بدوره عاملا على إزالة هذه الأفراد.

وهناك من الأبحاث والتجارب ما توضح نتائجها تأثير الإنتخاب الصناعى على المواءمة. فقد قام روبرتسون Robertson وريف Reeve عام 1952 باجراء تجارب إنتخاب على ثلاث سلالات من ذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر *D. melanogaster* وذلك لصفة حجم الجسم. وبعد حوالى خمسة عشر جيلا من الانتخاب لصفة حجم الجسم body size فى كلا الإتجاهين الموجب والسالب تمكنا من الحصول على إستجابة للإنتخاب لكبر حجم الجسم بزيادة قدرها عشرة وحدات أكبر أو أعلى من متوسط حجم الجسم فى السلالة أو العشيرة المقارنة أو الكنترول. أما بالنسبة للإنتخاب فى الإتجاه السالب أى فى الإنتخاب لصغر حجم الجسم فكانت الإستجابة للإنتخاب أكبر مما فى الإتجاه الموجب حيث كانت السلالة المتنحية أصغر فى حجم الجسم بحوالى خمسة عشر وحدة عن السلالة الكنترول أو السلالة المقارنة. وفى كلا السلالتين المنتخبتين لوحظ إنخفاض معنوى فى خصوبة وحيوية الأفراد الناتجة عن الأفراد العادية الغير منتخبة فى العشيرة الأصلية .

وقد وجد دوبزانسكى Dobzhansky خلال دراسته الواسعة وأبحاثه وتجاربه الكثيرة على ذبابة الدروسوفلا أن الأفراد الخليطة أى غير المتماثلة فى تركيبها الجينى هى الأقدر على مقاومة الظروف أى أن لديها مواءمة عالية وذلك

نتيجة زيادة خصوبة وحيوية أفرادها عن الأفراد الأخرى المتماثلة. ففى الحالة التى توجد فيها أفراد غير متماثلة وليس لها قوة إنتخابية أى لا تزيد النسبة المتوقعة لمثل هذه الأفراد فى العشيرة ، فيلاحظ أن نقطة التوازن للتكرار الجينى عند 0.5 وذلك على أساس أن كل من الأفراد المتماثلة للعوامل المتنحية فى العشيرة لها قوة إنتخابية واحدة. فقد أظهرت دراسات العالم دوبزانسكى ومعاونوه أن الأفراد غير المتماثلة لإنقلاب كروموسومى inversion فى الكروموسوم الثالث فى ذبابة الدروسوفلا يسيدوبسكيورا *D. psedoobscura* لها قوة إنتخابية كبيرة عن الأفراد المتماثلة. ولكن قد يحدث ذلك أيضا لا فى إنقلاب كروموسومى فقط ولكن يحدث فى جين واحد حيث يمكن خلال الإنتخاب الطبيعى أن يكون الإنتخاب فى صالح أفراد ذات تركيب وراثى غير متماثل لجين معين.

وتعتبر التربية الداخلية من أهم العوامل التى تؤثر فى المواءمة فى العشيرة. فمن المعروف أن هذه الطريقة من طرق التربية فى جميع الكائنات الحية تؤدى إلى تدهور فى الحجم والصفات الأخرى خصوصا صفتى الخصوبة والحيوية فى الأفراد الناتجة. كذلك من أهم نتائج التربية الداخلية هو إنخفاض التباين الوراثى وزيادة التباين للظروف البيئية أى زيادة التباين البيئى. وتبعا لذلك فإن أحسن طرق التربية الواجب إتباعها هى تلك التى يحصل عنها المربى على نسبة من العوامل الوراثية غير المتماثلة فى أفراد العشيرة حيث أنه من المعروف أن الأفراد غير المتماثلة لها درجة مواءمة وراثية عالية وأن الإنتخاب الطبيعى فى أغلب الأحوال يكون فى صالح الأفراد الخليطة أى الأفراد الغير متماثلة على حساب أو ضد الأفراد المتماثلة. ولكن سبق القول أن الإنتخاب الصناعى يعمل إختلال للتوازن بين الصفات وبالتالى تنخفض صفة الخصوبة فى الأفراد المنتخبة.

ولشرح هذه النقطة من الوجهة الوراثية (راجع وراثة وتأقلم العشائر الطبيعية ، المصرى ، ٢٠٠٨) دعنا نفرض أن الصفة X تتأثر بعاملين من العوامل الوراثية ذات تأثير مجمع وهذين العاملين مرتبطين وليس بينهما عبور. فالتركيب الوراثى

aa bb يأخذ القيمة صفر. وبإحلال الجين A بدلا من الأليل a يزيد ذلك وحـــدتين من قيمة X وأن إحلال B بدلاً من b يزيد القيمة وحدة واحدة. وتبعا لهذا الفرض نجد أن الأفراد aa bb تأخذ القيمة صفر وأن الأفراد AA BB تأخذ القيمة 6 وأن سرعة الإنتاج reproductive rate تكون كالآتى :-

AA = 1.0	BB = 1.0
Aa = 1.1	Bb = 1.2
aa = 0.8	bb = 0.6

والبيانات التالية تبين قيم X وسرعة انتاجها وذلك فى التراكيب الوراثيـــة المختلفة.

Genotype التركيب الوراثى	Reproductive rate سرعة الإنتاج	X – value القيمة – X
AA BB	1.0	6
AA Bb	1.2	5
AA bb	0.6	4
Aa BB	1.1	4
Aa Bb	1.32	3
Aa bb	0.66	2
aa BB	0.80	2
aa Bb	0.96	1
aa bb	0.48	0

فإذا فرضنا أن العشيرة الأصلية تحتوى علـــى كــل مـــن العـــاملين A , a مرتبطين فى النظام التنافرى repulsion وبذلك يوجد ثلاث تراكيب وراثية فقــط هى وسرعة إنتاجها كالاتى :-

Genotype التركيب الوراثى	Reproductive rate سرعة الإنتاج	X – value القيمة – X
Ab/Ab	0.60	4
Ab/aB	1.32	3
aB/aB	0.80	2

ويمكن توضيح نسبة سرعة الإنتاج لهذه التراكيب الوراثية كالاتى

Ab/Ab	1-s
Ab/aB	1-Ks
aB/aB	1

حيث أن K هى قوة الإنتخاب للأفراد الخليطة أى الغير متماثلة أو ضد هذه الأفراد. فإذا فرض أن سرعة الإنتاج للأفراد المتماثلة هى (AA=1) و(aa=1-s) وتبعا تصبح سرعة إنتاج الأفراد غير المتماثلة Aa=(1-Ks).

وبذلك نجد أن التكرار المتزن للكروموسومات التى تحمل التركيب الجينـــى aB هو :-

$$q_{aB}=\frac{1-k}{1-2k}$$

وللتركيب الجين Ab هو :-

$$q_{Ab}=-\frac{K}{1-2k}$$

وإذا إعتبرنا أن قيمة S = 0.25 فإن قيمـــة K = 2.6– وأن q_{Ab} = 0.42 فإنه تبعا لذلك نجد أن محتويات العشيرة عند حالة الإتزان هى :-

Genotype	Frequency
Ab / Ab	0.1764
Aa / aB	0.4872
aB / aB	0.3264

وبذلك نجد أن متوسط الصفة X فى العشيرة هو 2.64 وأن متوسط سرعة الإنتاج RR يساوى 1.02.

وإذا فرضنا أن الإنتخاب موجها للصفة X فمن الممكن رفع مستوى قيمة X الى 4 بدلا من 2.64 ولكن ذلك يكون على حساب خفض خصوبة العشيرة من 1.02 الى 0.60. فإذا حصلنا على أفراد كافية من التركيب Ab/Ab فإنه من الممكن الحصول على عشيرة ذات متوسط قدرة 4 للصفة X وهذه تتوقف على قدرة التركيب Ab/Ab من الإنتاج والخصوبة. كما وأنه بالتالى لا يمكن زيادة قدرة الإنتاج عن 6 من الأفراد AA BB لتثبيت هذه الجينات فى الأفراد المكونة للعشيرة.

ومن جهة أخرى إذا فرضنا قدرة إنتاجية قدرها 1.0 وهذه ضرورية لكى نحافظ على العشيرة فنجد أن الموضوع قد تغير نهائيا. فحيث أن التركيب الجينى Ab/Ab لا يمكن أن يفى بالغرض المطلوب لذلك كان من الضرورى إستعمال بعض الأفراد ذات التركيب الجينى Ab/aB كآباء وأن الإحتياجات للتركيبين المذكورين لكى نحافظ على حيوية العشيرة هى :-

Ab/Ab	0.44
Ab/aB	0.56

وأن أبناء هذه الآباء تحتوى على التراكيب الجينية والحيوية الآتية :-

Ab/Ab	0.5084
Ab/aB	0.4032
aB/ab	0.0784

وأن متوسط العشيرة فى هذه الحالة للصفة X يصبح 3.44. ويجب ملاحظة أنه إذا أوقفت عملية الإنتخاب نجد أن متوسط الصفة يرتد على العشيرة الأصلية ويصبح 2.64.

ولشرح تأثير كل من s , K على المواءمة الوراثية لأفراد العشيرة سوف نفرض وجود موقع جينى واحد. وسوف نفرض أيضا أن قيمة s ثابتة بينما قيمة K متغيرة. وعلى ذلك فعند قيمة منخفضة يمكن مشاهدة أن :-

s	0.1	0.1	0.1
K	-1.01	-2. 6	-100.
aa	1.0	1.0	1.0
Aa	1.0	1.26	11.0
AA	0.9	0.90	0.9

من هذا نلاحظ أنه فى وجود كل من s , K بقيم صغيرة فمن الممكن أن نعبر عن متوسط الصفة X بدون تغيير يذكر فى صفات الخصوبة فى حين أن العكس صحيح عندما تكون s صغيرة و K كبيرة جدا (100-) كما يلى :-

s	0.5	0.500.5.1	0.1
K	-0.01	-2.06	-100.0
aa	1.000	1.00	1.00
Aa	1.005	2.30	51.00
AA	0.005	0.50	0.50

نلاحظ من ذلك أن القيم العالية من s ، K تؤدى الى تلاشى أفراد العشيرة.

وإذا فرضنا أن سرعة s متغيرة ولكن قيم K هى الثابتة فتصبح سرعة الإنتاج كالآتى :-

s	0.1	0.25	0.50
K	-1.0	-1.0	-1.0
aa	1.5	1.0	1.0
Aa	1.1	1.25	1.5
AA	0.9	0.75	0.5

من هذا يمكن القول أن زيادة قيمة s لا تسبب ضررا شديدا فى سرعة الإنتاج ولكنها تزداد سواء إذا أزداد تكرار q_A. وبذلك يمكن القول أن المواءمة الوراثية تعتمد اعتمادا كلياً على كل من قيم s , K . و بالتالى يمكن وضع المعادلة التالية لمتوسط مواءمة العشيرة .

$$q_A^2(1-s)+2q_A(1-q_A)(1-Ks)+(1-q_A)^2$$

وقد نتسائل عن الحالات التى نجد فيها سلالة متنحية ووصلت إلى الحد الذى لم يظهر فيه الإنتخاب أى تجاوب فى أن تظهر مثل هذه السلالة أى تجاوب آخر . وللإجابة على هذا التساؤل نأخذ المثال السابق كمثال: القيم فى المثال السابق بقيت

ثابتة لبعض الوقت ولكنة حدث عبور بين كل من a , B و A , b . فإذ لم يجرى أو يحدث أى إنتخاب صناعى فنجد أن حالة الإتزان تصل بين كـل مـن A , b وقيمة q لكل منها هى 0.75 وأن التكرار الجينى الجديد يصبح كالآتى:-

AA BB	0.3164
AA Bb	0.2109
AA bb	0.0352
Aa BB	0.2109
Aa Bb	0.0407
Aa bb	0.0234
aa BB	0.0352
aa Bb	0.0234
aa bb	0.0039

يلاحظ فى هذه الحالة أن سرعة الإنتاج RR ترتفع فى هذه العشـيرة إلـى 1.08 وأن متوسط الصفة 4.5. هذه النتائج توضح أن كل مـن صـفة الحيويـة والخصوبة قد إرتفعت نتيجة لوجود تراكيب وراثية جديدة وتبعا لذلك فإن متوسـط الصفة X التى ثبتت عند القيمة 2.64 إرتفع تدريجيا إلى القيمة 4.50.

ولقد أجريت العديد من التجارب لدراسة المواءمة الوراثية فى كثيـر مـن العشائر البرية لذبابة الدروسوفلا بالإضافة إلى إجراء تجارب على سلالات طافرة ومقارنة مواءمتها بالسلالات البرية لمعرفة أثر هذه الطفرات على مواءمة السلالة. وفيما يلى شرحا مختصرا لبعض هذه التجارب والنتائج المتحصل عليها.

قام العالم والاس Wallace عـام 1948 بـإجراء تجربـة علـى ذبابـة الدروسوفلا بسيدوبسكيورا *D. pseudoopscura* حيث إستخدم سلالتين مختلفتين منها إحداهما تحمل إنقلاب كروموسومى على الكروموسوم الثالث ويرمـز لهـا

بالرمز ST والأخرى يرمز لها بالرمز SR وهذه التراكيب الكروسومية يتسبب عنها أن الذكور تنتج حيوانات منوية تحمل كروموسوم X مع العدد الأحادى من الكروموسومات الجسمية أما كروموسوم Y فإنه يتلاشى ولا تنتج جاميطات بها كروموسوم Y. وبالتالى فإن جميع أفراد النسل الناتجة عن الذكور هى إناث. وقد قام والاس Wallace بدراسة المواءمة فى التراكيب الكروموسومية والتى تتكون من SR/SR , ST/SR , ST/ST وذلك فى جميع الصفات التى لها علاقة بمواءمة أفراد العشيرة. وبدارسة التنافس competition بين هذه التراكيب المختلفة وجد أنه فى حالة ST/ SR إذا أخذت القيمة 1 فإنه قيمة التركيب SR/SR بالنسبة لها هى 0.152 وقيمة التركيب ST/ST هى 0.848. وهذه النتائج توضح أنه فى حالة العشيرة التى تحتوى على نسبة واحدة متساوية من يرقات هذه الثلاث تراكيب كروموسومية فإنه يظهر فى أقفاص التربية عدد قدرة 152 أنثى من SR/SR , 1000 من SR/ST , 848 من ST/ST. وبدراسة المواءمة لهذه التراكيب المختلفة للصفات التى درست تحت درجتى حرارة 25°C , 16°C وجدت البيانات التالية :-

	ST / ST		ST / SR		SR / SR	
25°C	25°C	16°C	25°C	16°C	25°C	16°C
Larval competition	0.847	0.940	1	1	0.152	0.622
Survival	1.000	1.000	1	1	0.645	0.819
Egg production	0.615	0.903	1	1	0.627	0.545

توضح هذه النتائج أن درجة المواءمة عند درجتى حرارة 25°C , 16°C للأفراد غير المتماثلة هى أعلى من التراكيب المتماثلة وأن التركيب ST/ST أحسن مواءمة من التركيب SR/SR.

وفى تجربة على ذبابة الدروسوفلا بسيدوبسكيورا *D.pseudoobscura* إستعمل طنطاوى Tantawy عام 1961 سلالات مختلفة فى تركيبها الكروموسومى للإنقلابين الكروموسوميى CH , AR الموجودان على الكروموسوم الثالث. وكانت السلالات التى إستخدمها فى التجربة تحمل الثلاثة تراكيب كروموسومية هى AR/AR , AR/CH , CH/CH. وقد درس طنطاوى فى هذه التجربة المواءمة فى جيل الآباء وفى كل من الجيل الأول F_1 والجيل الثانى F_2 وكذلك التلقيح العكسى للجيل الأول مع كل من الأبوين أى $F_1 \times P_1$ و $F_1 \times P_2$ وذلك تحت درجات حرارة مختلفة هى 27°C و 25°C و 15°C. وكانت صفات المواءمة التى تم دراستها فى هذه التجربة هى كمية وضع البيض ونسبة الفقس وطول فترة الحياة. ولقد أوضحت نتائج هذه التجربة ما يلى :-

١- التركيب الكروموسومي الممتاز تحت أى درجة حرارة يظهر تباين أقل من التراكيب الوراثية الاخرى .

٢- كان التركيب الخليط أى التركيب الكروموسومى غير المتماثل AR/CH هو أحسن التراكيب الثلاثة مواءمة عند الثلاث درجات حرارة المستعملة. وكان التركيب الكروموسومى AR/AR أفضل فى الموائمة عن التركيب الكروموسومى CH/CH عند درجة حرارة 15°C بينما كان التركيب الكروموسومى الأخير أفضل فى المواءمة عن التركيب الكروموسومى AR/AR عند درجة حرارة 27°C.

وفى تجربة قام بها طنطاوى Tantawy عام 1968 لدراسة أثر موقع جينى واحد على مواءمة الحشرات واستعمل فيها أربعة عشائر مختلفة إثنان طافرتان إحداهما للطفرة ss^a (aristapidia) فى حالة متماثلة والأخرى للطفرة ss/ss (spineless) فى حالة متماثلة والعشيرة الثالثة غير متماثلة لكل من الطفرتين والعشيرة الرابعة برية wild type كما يلى :-

العشيرة الأولى (ss^a / ss^a)

العشيرة الثانية (ss / ss)

العشيرة الثالثة (ss / ss^a)

العشيرة الرابعة (+ / +)

وقد أستعلمت هذه العشائر الأربعة ذات التراكيب المختلفة لدراسة مواءمة الحشرات تحت درجتى حرارة 28°C و15°C وقد قيست المواءمة بعدد الحشرات التى يمكن الحصول عليها من زوج واحد. والجدول (٢-٨) يوضح البيانات المتحصل عليها من هذه التجربة.

جدول ٢-٨ . متوسط عدد الحشرات (ذكور وإناث) الناتجة من كل زوج واحد تحت درجة حرارة 15°C , 28°C.

Genotype	15°C	28°C
+ / +	72.72	100.83
ss / ss	75.33	88.08
ss / ss^a	103.17	117.52
ss^a / ss^a	65.09	65.23

ومن هذا الجدول يتضح أن المواءمة تحت درجة حرارة 28°C أعلى منها تحت درجة حرارة 15°C وذلك بصفة عامة للأربعة عشائر ذات التراكيب الجينية المختلفة. كما يلاحظ وبكل وضوح أن العشيرة ذات التركيب الجينى غير المتماثل ss / ss^a أعلى فى مواءمتها تحت درجتى الحرارة عن العشائر الأخرى ويليها العشيرة البرية ثم العشيرة ذات التركيب الجينى ss/ss ويليها العشيرة ذات التركيب الجينى ss^a / ss^a.

لاحظنا من التجارب السابقة أن التركيب الكروموسومى أو التركيب الجينى يؤثر تأثيرا كبيرا على مواءمة أفراد العشيرة تحت درجات الحرارة المختلفة.

والسؤال هنا: هل البيئة الأصلية التى ربيت تحتها عشيرة ما لها أثر كبير على مواءمتها عند تربيتها تحت ظروف بيئية مختلفة عن البيئة الاصلية ؟. ولقد قام طنطاوى Tantawy وملاح Mallah عام 1961 بإجراء تجربة كل من ذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر *D. melanogaster* والدروسوفلا سميولانس *D.simulans* لدراسة هذه النقطة والإجابة على هذا التساؤل. وقد تم فى هذه التجربة جمع عينات من العشائر البرية (لكلا النوعين كل على حدة) من مناطق جغرافية بعيدة عن بعضها. فقد جمعت عينات الدروسوفلا لكلا النوعين من أوغنده Uganda والاسكندرية Alexandria ولبنان Lebanon. ويلاحظ إختلاف هذه المناطق فى الطبيعة الجغرافية والظروف البيئية وكذلك فى درجات الحرارة فقد وجد أن متوسط درجة الحرارة الشهرية فى هذه المناطق خلال عام 1956 كما يلى :-

Uganda (UG)	27.24°C
Alexandria (AL)	20.04°C
Lebanon (LB)	16.15°C

وأجريت هذه التجربة تحت ثمان درجات حرارة مختلفة تتراوح من 10°C إلى 31°C وذلك لدراسة بعض الصفات القياسية الأخرى التى لها علاقة بموائمة العشائر الجغرافية المختلفة. ويمكن تلخيص نتائج هذه التجربة كالآتى :-

١- بصفة عامة كان حجم الجسم (معبرا عنة بطول الجناح) كبيرا تحت درجات الحرارة المنخفضة عنه تحت درجات الحرارة المرتفعة.

٢- حجم الجسم فى عشيرة لبنان كان أكبر من العشيرتين الأخريتين تحت درجة حرارة منخفضة.

٣- تحت درجة الحرارة المرتفعة كان حجم الجسم فى عشيرة أوغندة أكبر من حجم الجسم فى العشيرتين الأخريتين.

٤- بالنسبة لحجم الجسم كانت عشيرة لبنان أقل تباينا عند درجات الحرارة المنخفضة وأعلى العشائر تبايناً عند درجات الحرارة المرتفعة بينما أظهرت عشيرة أوغندة حالة عكسية فى حين أظهرت عشيرة الإسكندرية حالة وسطية من التباين بين عشيرة أوغندة وعشيرة لبنان.

٥- أظهرت صفات المواءمة مثل كمية وضع البيض ونسبة الفقس فيه أن عشيرة لبنان تضع كمية أكبر من البيض ونسبة الفقس عالية فيه تحت درجات الحرارة الباردة وذلك بالمقارنة بالعشيرتين أوغندة والإسكندرية. بينما تحت درجات الحرارة أظهرت كل من عشيرة أوغندة وعشيرة الإسكندرية كمية عالية من وضع البيض ونسبة مرتفعة للفقس فيه.

ولقد أمكن تعليل هذه النتائج على أساس أن درجة الحرارة الأصلية التى ربيت تحتها العشائر الأصلية البرية لمدة طويلة من الزمن وعدد كبير من الأجيال لها أهمية كبرى فى إظهار الصفات الخاصة بالمواءمة. فمن الواضح أن عشيرة لبنان ربيت تحت درجات حرارة باردة فى لبنان وقد أظهرت درجة تأقلم عالية تحت الدرجات الباردة عن العشائر الأخرى. كما وجد أنه لا يوجد إختلاف معنوى بين عشائر الإسكندرية وأوغندة. وعللت هذه النتائج على أساس أنه توجد هجرة خلال نهر النيل والامتداد الجغرافى بين أوغندة والإسكندرية وبذلك قد يكون هناك تبادل بين جينات هذه العشائر بعضها ببعض.

وحيث أن التباين الكلى لأى عشيرة يعتبر عامل هام فى قياس درجة المواءمة الوراثية (Lerner 1954) لذلك يمكن القول أن العشائر المرباة تحت ظروف باردة تكون أكثر أقلمة ولها مواءمة عالية تحت نفس الظروف عن العشائر الأخرى المرباة تحت ظروف حارة.

خامسا: القدرة التنافسية Competitive ability

فى الطبيعة تتنافس كثير من العشائر والأنواع المختلفة مع بعضها الـبعض للحصول على احتياجاتها الضرورية من البيئة وذلك لاستمرار معيشتها وتكاثرهـا وبقائها. والتنافس competition بين العشائر أو بين العائلات أو بـين الأنـواع يحدث إذا كانت مصادر الاحتياجات الضرورية هذه محدودة فى البيئة التى تعيش فيها أو أن الظروف البيئية هذه غير ملائمة.

وقد لوحظ أنه كلما زادت درجة التشابه بين الأنواع كلما كانت إحتياجاتهـا الضرورية من البيئة متشابهة ومتقاربة. وكلما بعدت درجة التشابه بـين الأنـواع زادت وبعدت واختلفت الإحتياجات البيئية الضرورية الخاصة بكل نوع عن النوع الآخر. والتنافس داخل نفس النوع يكون أكثر شدة حيث تـزداد درجـة القرابـة والتشابه بين العشائر وأيضا بين العائلات لنفس النوع وبالتالى يكون لأفرادها نفس الإحتياجات البيئية الضرورية من غذاء ودرجة حرارة ورطوبة ..... وغير ذلـك من الإحتياجات البيئية.

وقد فسر دارون Darwin عملية التنافس من الناحية النظرية بأنها حالة من الكفاح المستمر بين الكائنات الحية. وتتناسب قوة التنافس بين الأنواع طردياً مـع درجة التشابه بين الأفراد سواء فى التكوين أو التركيب. وقد أشار دارون إلى ذلك بناء على ثلاثة حقائق إستنتجها .

الحقيقة الاولى أن الكائنات فى الطبيعة تميل إلى الزيادة فى نسبة هندسـية. ويظهر ذلك بكل وضوح من أن أفراد نسل الكائن دائما أكبر عددا من أبوية سواء كانت طريقة التكاثر بالبذرة أو بالجراثيم أو بالبيضة. وهذه الحقيقة واضحة تمامـا وقد وافق عليها العلماء جميعا. وبديهى أن كل الكائنات عندها القدرة على التكـاثر ولو أن عدد النسل يختلف باختلاف الكائنات ويختلف أيضا من مكان إلى آخر ومن فصل أو موسم إلى آخر.

والحقيقة الثانية هى أنه بالرغم من زيادة أفراد النسل إلا أن هناك ثبات تقريبى بالنسبة لأعداد النوع إذ يحتمل موت بعض الأفراد نتيجة تأثيرات العوامل البيئية المختلفة.

ومن الحقيقة الأولى والثانية إستنتج دارون أول إستنتاجاته وهو التنازع للبقاء . فلقد ذكر أنه يجب أن يكون عدد الصغار من النسل أكبر مما يمكنه الحياة لأن الأفراد الصغيرة تتنافس على الحياة. وهذا التنافس competition يساعد على التنازع للبقاء. ومن يمكنه التغلب على العوامل البيئية فإنه يبقى ومن لا يمكنه التغلب عليها فإنه يندثر ويموت. ويساعد هذا التنافس كثرة الخصوبة والتبكير فى التوالد وبعض وظائف التكاثر.

والحقيقة الثالثة أن كل الكائنات تختلف عن بعضها أى أن الكائنات ليست كلها متماثلة الأشكال بل أنها تختلف عن بعضها. وهذه بدون شك هى حقيقة عامة فى كل الكائنات وواضحة تماما فيها.

ولقد إستنتج دارون من الحقيقة الثالثة ومن الإستنتاج الأول إستنتاجه الثانى وهو أن كل الافراد مختلفة عن بعضها وكلها تتنازع على البقاء. وعلى ذلك فإن بعض أفراد الكائنات الحية سيكون من إختلافها بعض ما يفيدها فى التنازع للبقاء بينما البعض الآخر فى إختلافاته لا يوجد ما يساعده فى التنازع على البقاء ويتبع ذلك أن يبقى ويعيش نسبة كبيرة من الأفراد التى تحتوى على الإختلافات المفيدة بينما نسبة كبيرة من الأفراد التى تحتوى على إختلافات غير مفيدة ستموت أو على الأقل تخفق فى التكاثر وإعطاء نسل. وحيث أن جزء كبير من الإختلافات ينتقل من جيل إلى الأجيال التالية بالتوراث فإن هذه الإختلافات المفيدة تتجمع من جيل إلى جيل. ويظهر من ذلك أن الإنتخاب الطبيعى يعمل على تحسين الكائنات الحية وعلى إتجاهها نحو ملاءمتها لطريقة حياتها ولظروف البيئة المحيطة بها.

يلعب التنافس بين أفراد الكائنات الحية دورا هاما فى التطور. فلقد لوحظ أنه كلما زادت درجة التشابه بين الأنواع كلما كانت متطلباتها واحتياجاتها من البيئة متشابهة والعكس صحيح حيث أنه كلما بعدت أو قلت درجة التشابه بين الأفراد كلما كانت هناك إختلافات فى الإحتياجات البيئية. لذلك يحدث تنافس بين أفراد الكائنات المختلفة مع بعضها البعض للحصول على إحتياجاتها المختلفة من البيئة المحيطة بها خاصة إذا كانت المصادر المتاحة لها قليلة أو محدودة وإذا كان أيضا وجود هذه الأفراد وتعايشها فى ظروف غير ملائمة. والتنافس قد يكون بين أفراد من أنواع مختلفة أى Intra-specific competition أو يكون بين أفراد من داخل نفس النوع أى Inter-specific competition وهو أشد أنواع التنافس.

ويمكن توضيح تأثير Interference Competition من الدراسة التى أجراها العالم Bodil Elmhagen من جامعة ستوكهولم عام 2003 علي الثعالب القطبيه Alopex lagopus (شكل ١-٨) والثعالب الحمراء Vulpes vulpes (شكل ٢-٨) في منطقة جبال تندرا بالسويد ، حيث لاحظ أن أعداد الثعالب القطبية إنخفضت مع بدايات القرن العشرين بسبب عمليات الصيد ولم تستعيد أعدادها حتي بعد فرض قوانين لحمايتها من العام 1928 في حين أن أعداد الثعالب الحمراء تزايدت في الفترة من عام 1930 إلي عام 1960. وقد وجد العالم أن كلا من الثعالب القطبية والحمراء تتداخل وتشترك في نوعية الغذاء والفرائس التي تتغذي عليها وكذلك أولوية الفرائس المفضلة لديها. كذلك تتنافس هذه الثعالب فيما بينها علي منطقه النفوذ. تعتمد الثعالب القطبية في المناطق المرتفعة علي نوع من أنواع القوارض (Lemmus lemmus) في حين أن الثعالب الحمراء علي إرتفاعات أقل إنخفاضا يكون لها الأفضلية في الوصول إلي فرائس أخري. الثعالب الحمراء أكبر من الثعالب القطبيه مما يعطيها ميزة في أي قتال مباشر بينهم مما يجعل الثعالب القطبية تتجنب أماكن تواجد الثعالب الحمراء حتي تتجنب الصدام معها ، وجد أن الثعالب القطبية تستخدم أوكار محدوده علي بعض 8 كم عن أماكن تواجد الثعالب الحمراء. وجد أيضا أنه في إثنين من كل ثلاث حالات يتم تربية صغار الثعالب

القطبية بالقرب من أماكن نفوذ الثعالب الحمراء يحدث هجوم من الثعالب الحمراء علي هذه الصغار ، هذا يجعل من عدد قليل من الثعالب الحمراء تأثير كبير جدا علي حجم وتوزيع عشائر الثعالب القطبية.

يتضح من هذه الدراسة مدي التأثير الذي تركه هذا النوع من التنافس علي الثعالب القطبية حيث أن تفوق الثعالب الحمراء عليها قد أدي إلي إعاقة إستعاده عشيرة الثعالب القطبية لتوازنها وإنتشارها مرة أخري بعد الإنحراف الذي حدث بها. كما أن الثعالب الحمراء إسحوذت علي أفضل الأماكن التي يتوافر بها الفرائس والظروف المناسبة علي عكس الثعالب القطبيه التي كانت في أماكن سيئة غير مناسبة لها والتي قد لا تستطيع توفير الظروف المناسبة لمعيشة حتي مجموعة صغيرة من تلك الثعالب القطبية.



شكل ١-٨: الثعلب الاحمر *Vulpes vulpes*.



شكل ٢ -٨: الثعلب القطبي *Alopex lagopus* .

ويكون نتيجة التنافس أنه يؤدى فى النهاية إلى إستبعاد تركيب جينى معين أو إستبعاد نوع معين على حساب تركيب جينى آخر أو نوع آخر وهذا يعتمد أساسا على القدرة التنافسية بين الأفراد أو الأنواع. فالتركيب الجينى أو النوع الذى له القدرة على البقاء تحت ظروف بيئية معينة هو الذى سوف يستمر وينتقل من جيل لآخر. أما التراكيب الجينية أو الأنواع التى ليس لها القدرة على التنافس سوف لايكون لها القدرة على البقاء وتنقرض. وهذا ما أشار إليه دارون وكانت من أهم النقاط التى إرتكزت عليها نظريته للإنتخاب الطبيعى فى كتابه أصل الأنواع. فلقد ذكر دارون أنه نتيجة زيادة عدد الأفراد والصراع أو النزاع من أجل البقاء فإنه من الطبيعى أن يعيش الأصلح بينما يموت الأقل صلاحية نتيجة إما عوامل طبيعية physical أو بيئية environmental أو كليهما. وقد فسر دارون عملية التنافس

من الناحية النظرية بأنها حالة من الكفاح المستمر بين الكائنات الحية وتتناسب قوة التنافس بين الأنواع طرديا مع درجة التشابه بين الأفراد سواء فـــى التكـــوين أو التركيب. ولقد ذكر جوس Gause عام 1932 أنـــه لايوجـــد نـــوعين يشـــاركان بعضهما نفس الإحتياجات البيئية والإيكولوجية ويعيشان معا فى نفس المنطقة لفترة غير محدودة من الوقت فأحد هذين النوعين سيحل نهائيا محل الآخر. ومن جهـــة أخرى إذا كان هناك نوعان يعيشان معا فى نفس المكان وفى نفس الوقت فلابد أن يكون لكل منهما إحتياجات بيئية وإيكولوجية مختلفة عن إحتياجات الآخر. ولقد قدم العديد من العلماء الأدلة التجريبية الكثيرة على إختلاف القدرة التنافسية سواء بـــين الأنواع المختلفة أو داخل نفس النوع فى عدد من أنواع الكائنات الحيـــة خاصـــة الخنافس وحشرة الدروسوفلا. والقدرة التنافسية قد تختلف من نوع إلى نوع آخـــر وحسب التركيب الوراثى وقد تختلف أيضا باختلاف حجم العشـــيرة والخصـــوبة والحيوية والقدرة التناسلية للأفراد المكونة لهذه العشيرة أو النـــوع. كـــذلك تتـــأثر القدرة التنافسية بالتغيرات فى الظروف البيئية من حرارة ورطوبة وتغذية وأعداء طبيعية ووجود مواد كيماوية أو مبيدات فى البيئة وغير ذلك من العوامل البيئية.

كان من أوائل الذين درسوا موضوع التنافس هو العالم مور Moore عـــام 1952 ففى تجربة أجراها مور على ذبابة الدروسوفلا قام بتربية عشيرتين إحداهما من ذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر *D. melanogaster* والأخرى مـــن ذبابـــة الدروسوفلا سيميولانس *D. simulans* معا وبأعداد معينة فى صناديق تربية. وقد أجرى التجربة على درجتى حرارة 15°C , 25°C. المعروف أن هذين النـــوعين من الدروسوفلا هما نوعين شديدى القرابة ببعضهما closely related species . ولقد أوضحت نتائج هذه التجارب أن عشيرة الدروسوفلا سيميولانس كانت أفضل فى درجة التنافس عن الدروسوفلا ميلانوجاستر تحت درجة الحرارة 15°C بينما أظهرت عشيرة الدروسوفلا ميلانوجاستر درجة تنافس أكبـــر عـــن الدروســـوفلا سميولانس عند درجة الحرارة 25°C . ولقد وجد مور أنه فى حوالى 19 صندوق

من الـ 20 صندوق تربية المستعملة تحت درجة الحرارة 25°C إنقرضت الدروسوفلا سيميولانس وحلت محلها الدروسوفلا ميلانوجاستر.

هذه النتيجة توصل اليها طنطاوى Tantawy وسليمان Soliman عام1967 عند دراسة تأثير درجة الحرارة على عملية التنافس بين الدروسوفلا ميلانوجاستر *D.melanogaster* والدروسوفلا سيميولانس *D. simulans* فقد أوضحت نتائج هذه الدراسة أن الدروسوفلا ميلانوجاستر تفوقت على الدروسوفلا سيميولانس وعزلتها من صناديق التربية breeding cages عند درجة حرارة 25°C خلال ثمانين (80) يوما. بينما تفوقت الدروسوفلا سيميولانس على الدروسوفلا ميلانوجاستر على درجة حرارة 15°C . هذا وقد إستنتج الباحثان أن التكيف لدرجة الحرارة لها تأثير كبير على الفترة اللازمة لإزالة أو عزل نوع بواسطة نوع آخر. نتائج هذه التجربة توضح مدى تأثير درجة الحرارة على القدرة التنافسية للنوع.

وفى دراسة للعالم باركر Barker عام 1963 وجد أن الدروسوفلا ميلانوجاستر *D. melanogaster* كانت تعزل أو تستبعد الدروسوفلا بسيدوبسكيورا/ *D.pseudoobscura* دائما وتحل محلها عندما كان يربى النوعين معا فى صناديق التربية حتى بالرغم أن الدروسوفلا ميلانوجاستر كانت تحتوى على ثلاثة طفرات مرتبطة بالجنس. ولكن عندما جعل الدروسوفلا بسيدوبسكيورا *D.pseudoobscura* تتنافس مع النوع دروسوفلا نبيلوزا *D. nebulosa* وجد أن الدروسوفلا بسيدوبسكيورا تعزل أو تستبعد أو تحل محل النوع دروسوفلا نبيلوزا. نتائج هذه التجربة توضح أن القدرة التنافسية competitive ability تختلف باختلاف الأنواع الداخلة فى التنافس. وسوف نناقش فيما يلى أثر التلوث البيئى بالمبيدات على القدرة التنافسية لبعض الكائنات الحية.

١- التلوث البيئى بالمبيدات واختلال التوازن البيولوجى البيئى فى الحشرات

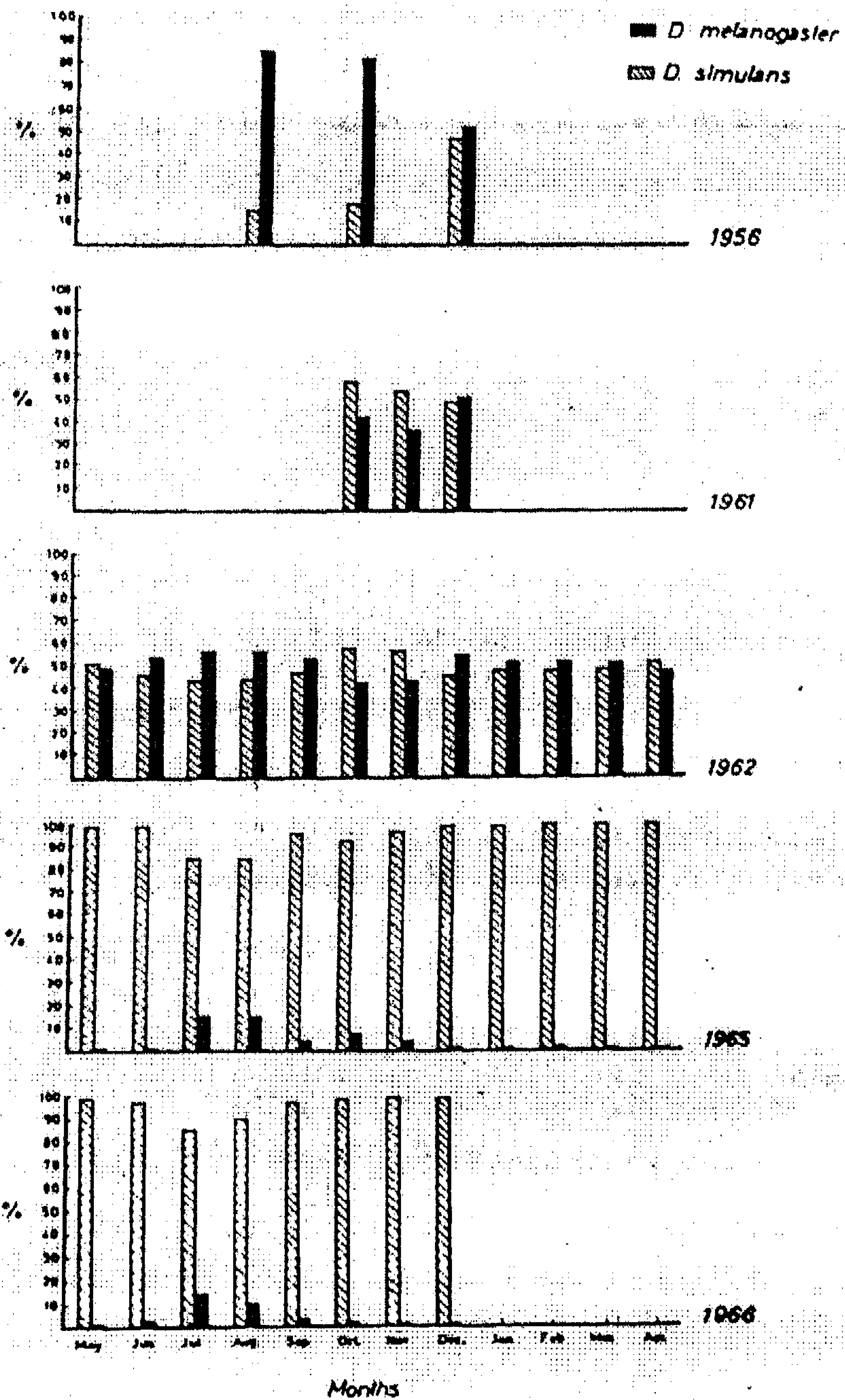
إختلاف القدرة التنافسية بين الأفراد أو الأنواع قد يحدث خللا فى التركيب العشائرى لهذه الأنواع فى الطبيعة. هذا لا ينطبق على التغيرات الموسمية التى لوحظت فى حجم العشيرة لبعض الأنواع. فمثلا وجد باترسون Patterson عام 1943 أن هناك تغيرات موسمية فى حجم عشائر بعض الأنواع من حشرة الدروسوفلا. فلقد وجد أن دروسوفلا بوسكاى *D. buskii* كذلك الدروسوفلا ميلانوجاستر *D. melanogaster* تزداد أعدادها خلال فصل الربيع بينما تزداد أعداد الدروسوفلا سيميولانس *D. simulans* خلال فصل الشتاء. كما أوضح دوبزانسكى وبافان Dobzhansky and Pavan عام 1950 أن نوع الدروسوفلا ويليستونى *D. willistoni* يتوقف حجم العشيرة الطبيعية له على نسبة الرطوبة فى الجو وليس على إرتفاع أو إنخفاض درجة الحرارة. عموما هذه التغيرات الموسمية أو التى تتوقف على درجة الحرارة والرطوبة للنوع والتى تلاحظ بصفة مستمرة وعادة تعتمد كثيرا على مدى تأقلم أفراد العشيرة والتراكيب الجينية أو الوراثية بها لمثل هذه التغيرات. أما الخلل فى التركيب العشائرى نتيجة إختلاف القدرة التنافسية فهو الذى يهمنا بالدرجة الأولى حيث أنه قد ينتهى بعزل نوع أو إنقراضه من الطبيعة وذلك على المدى الطويل. فمثلا ذكر هونيجسبرج Hoenigsberg عام 1968 أن نوعى الدروسوفيلا ميلانوجاستر والسيمولانس يوجدان بكثرة فى كولومبيا. وأن نوع الدروسوفلا ميلانوجاستر كان أكثر عددا وانتشارا من النوع سيميولانس ولكن لاحظ أنه فى الفترة الأخيرة أصبح النوع سيميولانس هو الأكثر إنتشارا وأن النوع ميلانوجاستر أصبح تقريبا فى طريقه إلى الإندثار أو الإنقراض ولايوجد منه إلا أعداد قليلة جدا.

هذه الظاهرة شوهدت أيضا فى مصر. ففى الدراسات التى أجريت على العشائر الطبيعية لحشرة الدروسوفلا فى مزرعة كلية الزراعة جامعة الإسكندرية خلال عشرة سنوات من الفترة من 1956 إلى 1966 وجد أن هذه العشائر تتكون من خمسة أنواع هى ميلانوجاستر *D. melanogaster* وسيميولانس

D. simulans وإيمجرانس *D. immigrans* وبوسكاى *D. buskii* وهايدى *D. hydei*. والثلاثة أنواع الأخيرة توجد بأعـــداد قليلـــة جـــدا بالنـــسبة لنـــوعى الدروسوفلا ميلانوجاستر وسيميولانس فقد حدث لهما خلال هذه العشرة ســنوات تغير شديد وواضح فى حجم العشيرة لكل منهما. ففى عـــام 1956 وجـــد مـــراد والملاح أن عشائر الدروسوفلا ميلانوجاستر والتى جمعت مـــن مزرعـــة كليـــة الزراعة جامعة الإسكندرية كانت أكثر فـــى العـــدد مـــن عـــشائر الدروســـوفلا سيميولانس. ولقد وجدا أن النوع ميلانوجاستر يشكل حوالى 80% أو أكثر بينمـــا يشكل النوع سيميولانس أقل من 20% من حجم عشائر الأنـــواع المختلفـــة مـــن الدروسوفلا فى هذه المنطقة (Mourad and Mallah, 1960). وخلال الفترة من 1961 إلى 1962 ذكر طنطاوى أنه لاحظ تغيرا واضحا فى حجم العشيرة لكـــلا النوعين من الدروسوفلا فى نفس المنطقة المذكورة حيث أصبح النوعان يوجـــدان بنسب متساوية تقريبا (Tantawy, 1964). وخلال الفترة من 1965 إلى 1966 قام المصرى بجمع عشائر طبيعية لأنواع الدروسوفلا فى نفـــس المنطقـــة أيـــضا (جدول ٣-٨). وكانت المفاجأة أن أصبح النوع ميلانوجاستر موجودا بأعداد قليلة جدا إذ يشكل حوالى من 1% إلى 4% من حجم الأنواع الكلية متوقفا ذلك علـــى فصول السنة. فالمعروف أن الدروسوفلا ميلانوجاستر يناسبها درجـــات الحـــرارة المرتفعة ودرجة الحرارة المثلى لها حوالى 25 درجة مئوية ولذلك فحجم العشيرة يميل للزيادة خلال فصلى الربيع والصيف ، بينما الدروسوفلا سيميولانس يناسبها درجة الحرارة المنخفضة ودرجة الحرارة المثلى لها حوالى 15 درجة مئوية ولذلك فحجم العشيرة يميل للزيادة خلال فصلى الخريف والشتاء. أما بالنسبة للدروسوفلا سيميولانس فقد أصبح هو النوع الشائع والأكثر وجودا فى المنطقة إذ يشكل أكثـــر من 90% من حجم العشائر الكلية لأنواع الدروسوفلا (Tantawy et al., 1970) والشكل (٣-٨) يوضح النسبة المئوية لكـــلا مـــن النـــوعين مـــن الدروســـوفلا ميلانوجاستر وسيميولانس خلال الفترة من عام 1956 إلى 1966.

جدول ٣-٨. أعداد حشرات الأنواع المختلفة من الدروسوفلا بمنطقة الإسكندرية خلال عامى 1965 و1966.

MONTH and YEAR	CAPTURED FLIES (N)	SPECIES						
		D. mel.		*D. sim.*		*D. busk.*	*D. imm.*	*D. hyd.*
		M	F	M	F	M and F		
1965:								
May	199	1	1	70	118	3	6	..
June	282	1	2	127	152	..	..	..
July	221	16	17	103	85	..	..	..
August	402	24	37	176	165	..	..	..
September	1569	26	30	394	1119	..	..	..
October	711	14	38	347	312	..	..	..
November	1204	11	34	359	800	..	..	..
December	908	7	3	225	673	..	..	..
1966:								
January	1067	3	4	342	718	..	..	..
February	1412	11	16	389	989	3	4	..
March	1466	4	5	328	1090	10	29	..
April	4013	2	4	298	1786	124	1799	..
May	685	3	2	196	411	12	41	18
June	1105	21	7	392	685	..	..	1
July	346	29	21	129	167	..	..	1
August	550	28	26	224	272	..	..	..
September	834	11	13	269	541	..	..	..
October	1031	6	10	260	755	..	..	..
November	637	3	2	297	335	..	..	..
December	317	2	1	68	243	3	..	..



شكل ٣-٨: النسبة المئوية لنوعى الدروسوفلا ميلانوجاستر وسيمولانس.

والسؤال الذى أصبح مطروحا وقتذاك هو لماذا هذا الخلــل فــى التركيــب العشائرى لهذين النوعين وما سببه ؟. فالمعروف أن هذين النوعين شديدى القرابة لبعضهما two sibling species ومتشابهان بدرجة كبيرة فى الشكل المظهــرى والتركيب الوراثى والإحتياجات الإيكواوجية. وبفحص كروموسومات الغدد اللعابية فى كلا النوعين وجد أن الدروسوفلا سيميولانس كانت خاليــة مــن الإنقلابــات الكروموسومية. والمعروف أن هذا النوع من الدروسوفلا لايحدث فيه أى إنقلابات كروموسومية فهى monomorphic. أما نوع الدروسوفلا ميلانوجاستر فقد لوحظ فيه أن العشيرة التى جمعت عام 1956 كانت تحتوى على عدد قليل من الإنقلابات الكروموسومية وبتكرارات منخفضة.

عشيرة الدروسوفلا ميلانوجاستر هذه هى التى كانت سائدة فى المنطقة ذات الوقت وكانت تشكل وكما ذكرنا حوالى 90% من مجموع عشــائر الدروســوفلا كلها. بينما العشيرة التى جمعت خلال أعوام 1965 ، 1966 فكانت تحتوى علــى ثمانية إنقلابات كروموسومية بسيطة موزعة على الكروموسومين الثانى والثالــث كما وأن جميع الحشرات التى أمكن جمعها من هذا النوع كانت خليطة فى إنقلاب كروموسومى أو أكثر من هذه الإنقلابات وأنه لايوجد أى حشرة كانت خالية مــن الإنقلابات. ولقد وجد بالمقارنة أن عدد وتكرار الإنقلابــات الكروموســومية فــى العشيرة التى جمعت عامى 1965 و 1966 أكثر بكثير مما فــى العشــيرة التــى جمعت عام 1956. ولقد علل هذا بأن الظروف البيئية فى هذه المنطقة عام 1956 كانت أكثر ملاءمة لنوع الدروسوفلا ميلانوجاستر عن نوع الدروسوفلا سيميولانس وبالتالى كانت للدروسوفلا ميلانوجاستر قدرة تنافسية أعلى من القــدرة التنافســية للدروسوفلا سيميولانس وأصبحت الأولى أكثر تأقلما للظروف البيئية عن الثانيــة. ونتيجة لذلك أزدادت وتكاثرت وانتشرت عشيرة الدروسوفلا ميلانوجاستر بينما لم تساعد هذه الظروف على زيادة وانتشار الدروسوفلا سيميولانس. ولسبب ما غيــر معروف بالضبط قد يكون متعلق بالنمط الحديث والمختلــف لأســلوب الزراعــة والمعاملات الزراعية والكيماوية إختلفت الظروف البيئية والإيكولوجية وتغيــرت

وأصبحت غير ملائمة للدروسوفلا ميلانوجاستر وملائمة للدروسوفلا سيميولانس فانقلبت الأوضاع وفقدت الدروسوفلا ميلانوجاستر قدرتها التنافسية مع الدروسوفلا سيميولانس فازدادت الدروسوفلا سيميولانس وكثرت وانتشرت شيئا فشيئا بالتدريج وأخذت الدروسوفلا ميلانوجاستر فى التناقص فى العدد أيضا بالتدريج. وفى محاولة من الدروسوفلا ميلانوجاستر للعمل علي زيادة عددها وذلك بزيادة مواءمتها للظروف البيئية التى تغيرت هكذا زاد عدد وتكرار الإنقلابات الكروموسومية فيها حتى تساعد العشيرة على التأقلم والإستمرار فى الحياة وحتى لاتندثر أو تنقرض. ولكن إذا إستمرت هذه الظروف دون تغير فهناك إحتمالين أحدهما هو أن تتمكن العشيرة بوجود مثل هذه الأنواع من الإنقلابات الكروموسومية المختلفة من التأقلم ثم يزداد عدد أفرادها (أى حجم العشيرة) رغم صغره ولكن بالتدريج إلى أن تعيد العشيرة أو النوع إتزانه فى الطبيعة مرة أخرى. أما الإحتمال الثانى هو أن يستمر تناقص حجم العشيرة أو أعدادها تدريجيا أيضا إلى أن تنقرض. وفى محاولة لإيجاد سبب أو أسباب هذا الخلل الذى حدث فى القدرة التنافسية لكلا النوعين من الدروسوفلا أجريت إختبارات معملية لدراسة تأثير بعض العوامل المؤثرة على ذلك. فلقد تم تربية نوعين من الدروسوفلا ميلانوجاستر وسيميولانس معا تحت درجات مختلفة من كثافة أو حجم العشيرة لكل نوع (Masry *et al.*, 1980). كذلك تم دراسة تأثير بعض المبيدات على القدرة التنافسية للنوعين حيث لوحظ أنه خلال النصف الأخير من القرن العشرين وبالأخص خلال الفترة التى لوحظت فيها هذه الظاهرة (1956–1966) والتى أستخدمت خلالها أنواع مختلفة من المبيدات فى هذه المنطقة وبشكل مستمر وتركيزات عالية وذلك لمكافحة الآفات الزراعية.

ولقد أوضحت نتائج هذه التجارب أنه عند معاملة عشيرة من الدروسوفلا ميلانوجاستر ببعض المبيدات مثل البودرو (المحتوى على كبريتات نحاس) (Masry, 1986) لدراسة تأثير كبريتات النحاس– والتى تستعمل بعد إضافتها لماء الجير كمبيد فطرى يعرف باسم بودرو– على التركيب العشائرى فى حشرة

الدروسوفلا ميلانوجاستر. ربيت الحشرات على بيئة غذائية بها كبريتات النحاس بتركيز قدره 120 ميكروجرام/ جرام بيئة غذائية وذلك لمدة عشرة أجيال متتالية. ولقد تم فى هذا البحث دراسة تأثير هذا المركب على بعض صفات المواءمة للحشرة كذلك تأثيره الطفرى على المستوى الجينى والكروموسومى. ولقد أوضحت النتائج أن المعاملة كان لها تأثيرا معنويا على بعض صفات المواءمة تمثلت فى زيادة طول فترة التطور ونقص فى كل من حجم الجسم وحيوية الحشرات المعاملة. بينما لم يكن للمعاملة تأثير طفرى على المستوى الجينى على الأقل مع التركيز المستعمل فى التجربة إلا أنها أدت إلى إحداث تغييرات كمية ونوعية فى التركيب الكروموسومى. فبعد عشرة أجيال من المعاملة لوحظ تغيير كبير فى تكرار الإنقلاب الكروموسومى (2L)t من 5.5% فى العشيرة المقارنة إلى 8.3% فى العشيرة المعاملة. كذلك أدت المعاملة إلى إحداث عدد من الشذوذات الكروموسومية قدرت نسبته بحوالى 11.4% فى اليرقات المعاملة ولقد تمثلت هذه الشذوذات الكروموسومية فى :-

١- عدد 17 إنقلاب لاسنتروميرى.

٢- عدد 2 إنتقال كرموموسومى.

٣- عدد 2 نقص كروموسومى.

٤- عدد 5 تضاعف كروموسومى.

٥- عدد 1 حلقة كروموسومية بالإضافة إلى 2 شظية كروموسومية.

كما وجد أن من بين الإنقلابات الكرموسومية يوجد إثنان منها على كروموسوم الجنس وهذه تعتبر من الحالات النادرة أما الإنقلابات الأخرى فقد وجدت إما فى حالات بسيطة أو معقدة.

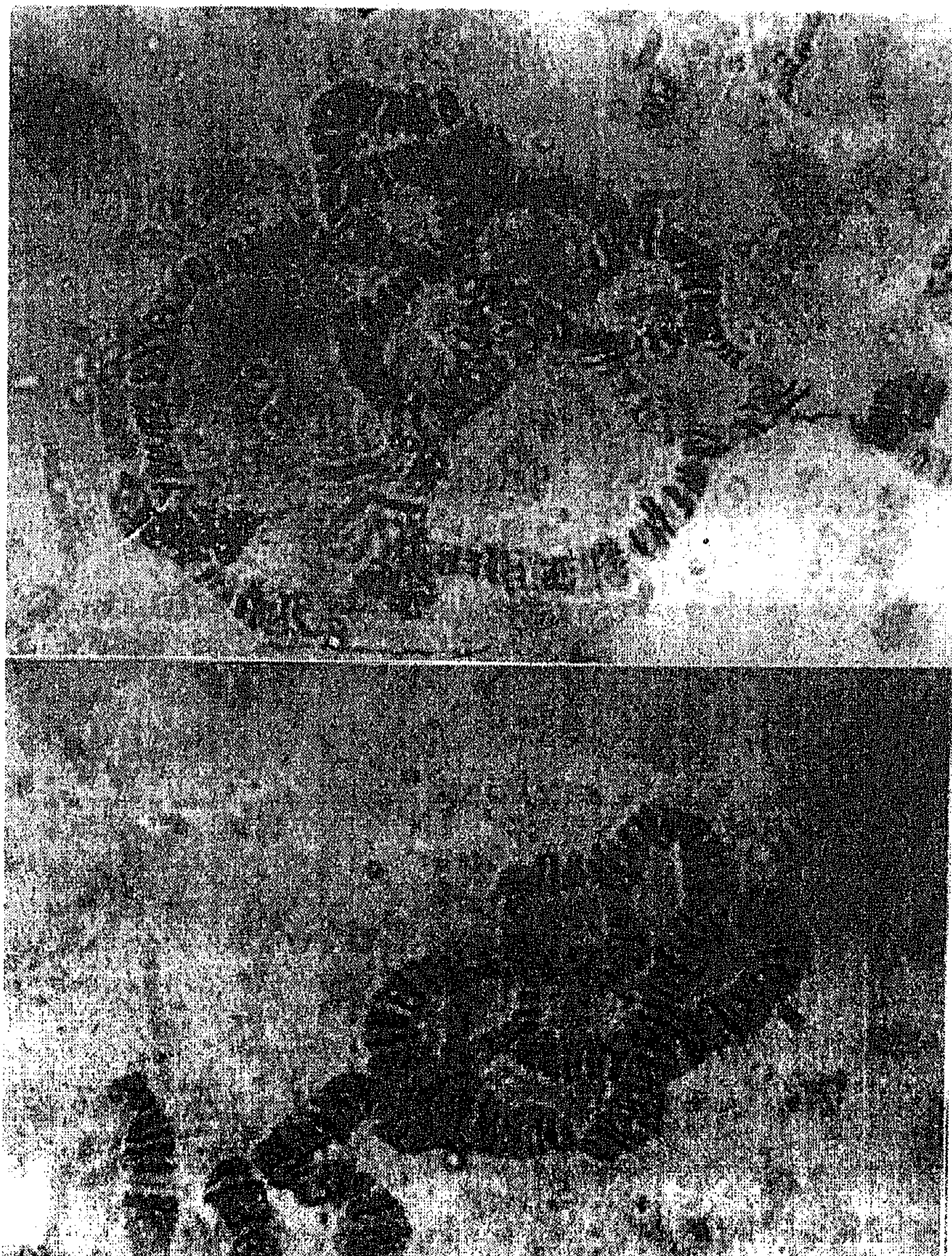
كما لوحظ أن الأفراد الناتجة عن المعاملة تحتوى على عدد من الإنقلابات المركبة والتى كان من الصعب تتبعها وتحديدها وذلك فى الذراع الأيمن

للكروموسوم الثالث بحيث أصبح شكل الكروموسومين المقترنين يشبه الشبكة من كثرة الإنقلابات الكروموسومية البسيطة وتداخلها مع بعضها (شكل ٤-٨). ويجب ملاحظة أن خلايا الغدد اللعابية هى خلايا جسمية والكروموسومات بها عملاقة وتتميز بأن كل كروموسومين متماثلين لهما خاصية الإقتران ببعضهما كما فى الدور الضام من الإنقسام الميوزى بالنسبة للكروموسومات العادية. وخلاف ذلك لوحظ عدد آخر من الإنقلابات الكروموسومية المركبة والتى أمكن تحديدها بالإضافة إلى بعض الشذوذات الكروموسومية الأخرى كالنقص الكروموسومى والشظايا الكروموسومية Fragments (Fr) (شكل ٥-٨).

كذلك أدت المعاملة إلى إحداث تغيرات فى تكوين ونشاط الإنتفاخات الكروموسومية Puffs حيث أدت إلى زيادة حجم ثمانية إنتفاخات كروموسومية موزعة على الكروموسوم الأول (الجنس) والثانى والثالث. كذلك إدت المعاملة إلى تكوين إنتفاخ جديد على الذراع الأيسر للكروموسوم الثالث. وقد علل ذلك إلى تأثير هذا المركب على النشاط الطبيعى لعمليات النشاط الحيوى فى الخلية.

كل هذه التغيرات بالنسبة للإنقلابات الكروموسومية قد يلعب دورا هاما فى تأقلم العشيرة للظروف البيئية الغير مناسبة فى وجود المبيد الفطرى المستعمل.

ولقد أدخلت عشائر من الدروسوفلا ميلانوجاستر مع عشائر أخرى من الدروسوفلا سيميولانس فى إختبارات لمعرفة القدرة التنافسية لكل منهما تحت تأثير نوعين من المؤثرات. أولهما تحت تأثير كثافات مختلفة من حجم عشيرة كل منهما مع الأخرى على بيئات خالية من المبيد. ثانيهما تحت نفس العامل الأول ولكن على بيئات محتوية على مبيد. ولقد أوضحت نتائج هذه التجارب وبصفة عامة تفوق الدروسوفلا ميلانوجاستر على الدروسوفلا سيميولانس تحت أى كثافات من حجم العشيرة سواء على بيئات تحتوى على المبيد أو بيئات خالية من المبيد لدرجة أنه لوحظ أن الدروسوفلا سيميولانس قد إختفت واندثرت من بعض البيئات بواسطة الدروسوفلا ميلانوجاستر (Masry *et al.*, 1984).



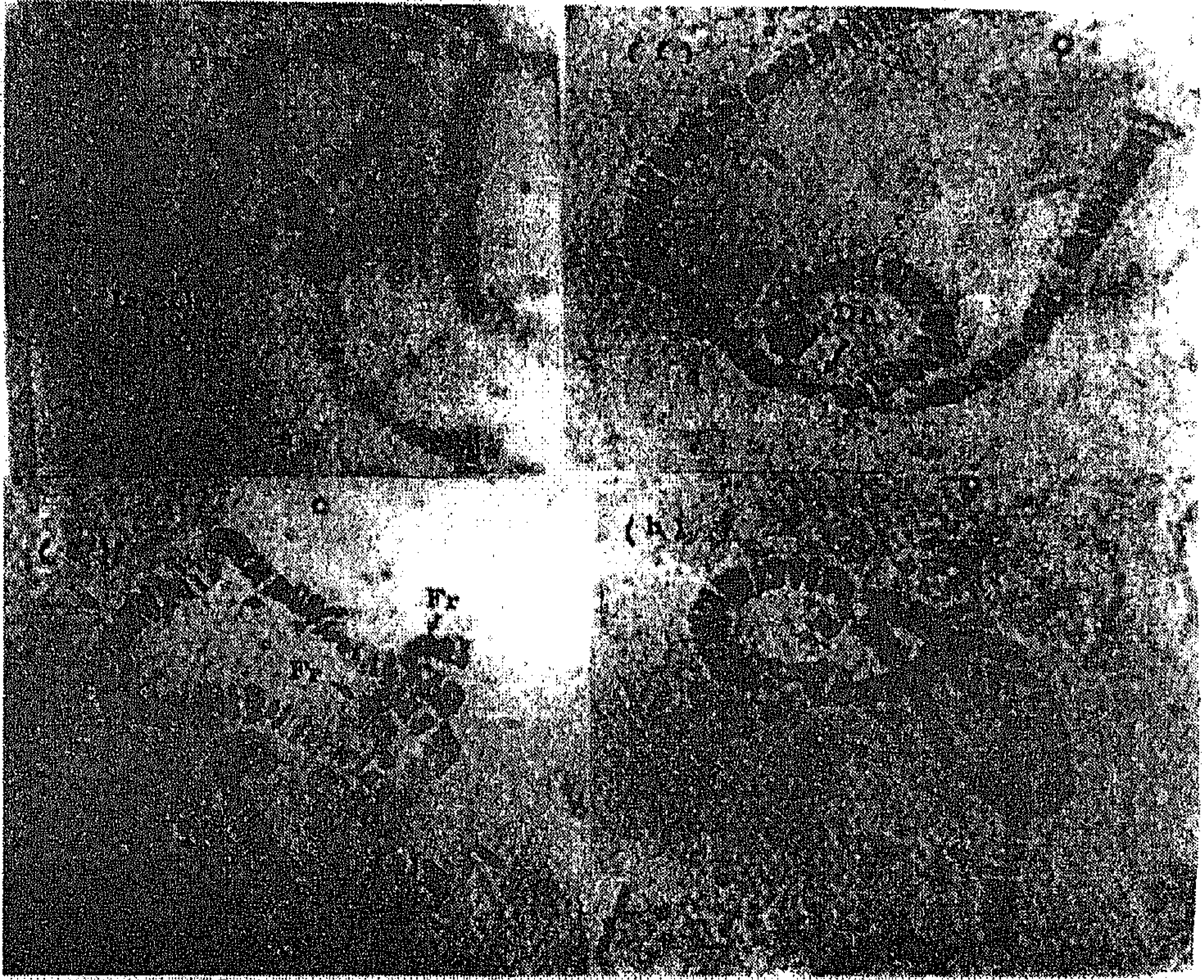
شكل ٤-٨ إنقلابات كروموسومية عديدة مركبة من الصعب تحديدها.



شكل ٥-٨. إنقلابات كروموسومية فى حشرة الدروسوفلا ميلانوجاستر نتيجة المعاملة ببعض المبيدات

a – (I) HS   b – (2L) WA

c – (2L) Ho (compound)   d – (2L)MS (compound)



تابع شكل ٥-٨ . بعض الإنقلابات والشذوذات الكروموسومية فى عشيرة من الدروسوفلا ميلانوجاستر عوملت ببعض المبيدات :-

(e) تغير فى تكوين الـــ puff.

(f) إنقلاب Ms (2R) مع وجود نقص كروموسومى داخلى.

(g) حلقة كروموسومية فى الذراع الأيمن للكروموسوم الثالث. مع وجود شظايا كروموسومية (Fr).

(h) إنقلاب كروموسومى مركب MA (3L).

هذه القدرة التنافسية العالية للدروسوفلا ميلانوجاستر والتى أظهرتها تحت الظروف المعملية قد لاتكون بالضرورة هى نفسها تحت الظروف البيئية فى الطبيعة. بالتأكيد تختلف الظروف الطبيعية عن الظروف المعملية حيث تتداخل كثيرا من العوامل البيئية المعروفة والغير معروفة intangible لتغير من طبيعة هذه القدرة التنافسية عما تكون عليه تحت الظروف المعملية. وبالتأكيد أيضا هناك أسباب كثيرة أيضا قد تكون حدثت فى البيئة لانعرفها تماما وقد تكون هى المسئولة عن الخلل فى القدرة التنافسية لنوع ما بحيث يعمل على إختلال توازن العشيرة. نتيجة لذلك قد يحدث وعلى المدى الطويل إنقراض لعشائر أو أنواع ونشوء لعشائر أو أنواع أخرى.

ولقد قام المصرى Masry وآخرون عام 1984 بدراسة تأثير المبيدات على القدرة التنافسية للعشائر الطبيعية من حشرة الدروسوفلا ميلانوجاستر *D.melanogaster* والدروسوفلا سيميولانس *D.simulans* وأثر ذلك على حجم العشيرة population size لكل منهما وذلك تحت ظروف بيئية مختلفة. جمعت عشيرتين طبيعيتين من الدروسوفلا ميلانوجاستر والدروسوفلا سيميولانس من منطقتين هما منطقة جانكليس بمحافظة البحيرة والأخرى من محافظة الإسكندرية بجمهورية مصر العربية .وكان الغرض من إختيار هاتين المنطقتين هو التباين الواضح فى حجم العشيرة لكل منهما. ففى منطقة جانكليس وجد أن نوع الدروسوفلا ميلانوجاستر هو الشائع بينما فى منطقة الإسكندرية كان نوع الدروسوفلا سيميولانس هو الشائع. وقد أستخدم فى هذه التجارب مبيد الدورسبان Dursban. وصممت أربعة تجارب تنافس بين نوعى الدروسوفلا من نفس المنطقة أو من منطقتين مختلفتين وذلك تحت مستوى من حجم العشيرة هما 70 يرقة ، 280 يرقة لكل أنبوبة. ولقد أجريت التجربة على بيئات غذائية تحتوى على تركيزات مختلفة من المبيد هى 0.0 (للمقارنة) و 0.2 و 0.4 جزء فى المليون (p.p.m) زرع لكل معاملة من هذه المعاملات يرقات نوعى الدروسوفلا

فى ثلاث مكررات كان نسبة الميلانوجاستر الى السميولانس في كل منها كنسبة 7 : 0 و 5 : 2 و 4 : 3 و 3 : 4 و 2 : 5 و 0 : 7 على التوالى. وتعتبر النسبة 0 : 7 أو 7 : 0 هى مزارع نقية لأحد نوعى الدروسوفلا والتنافس فيهـا يعتبـر تنافس داخل نفس النوع. أما النسب الأخرى فتعتبر مزارع مختلطة والتنافس فيها يعتبر تنافس بين الأنواع. أجريت التجارب تحت ثلاثـة درجـات حـرارة هـى 29°C و 25°C و 15°C

أظهرت نتائج المزارع النقية أى نتائج التنافس داخل النوع ما يلى :-

١- بتقدير الجرعة من مبيد الدروسبان اللازمة لقتل 50% مـن الأفـراد أى LC_{50} أن عشيرة الدروسوفلا سيميولانس كانت أكثر حساسية لهذا المبيد عن عشيرة الدروسوفلا ميلانوجاستر. فالبنسبة للدروسوفلا سميولانس كانت قيمة الـ LC_{50} تتراوح ما بين 0.40 إلى 0.35 جزء فى المليون (ppm) بينما كانت هذه القيمـة تتراوح ما بين 0.62 إلى 0.57 جزء فى المليون للدروسوفلا ميلانوجاستر.

٢- أظهرت الدروسوفلا ميلانوجاستر فى كلا المنطقتين نسبة فقس عالية عـن عشيرة الدروسوفلا سميولانس على درجتـى حـرارة 29°C و 25°C بينمـا أظهرت الدروسوفلا سميولانس فى كلا المنطقتين نسبة فقس عالية عنها عند درجة حرارة 15°C.

٣- زيادرة حجم العشيرة فى الأنبوبة من 70 إلى 280 يرقة لكل أنبوبـة أدى إلى خفض النسبة المئوية للحشرات الناتجة فى كلا النوعين.

٤- زيادة التركيز للمبيد المستعمل أدى إلى خفض نسبة الفقس فى كلا النوعين.

أما نتائج المزارع المختلطة أى نتائج التنافس بين الأنواع فكانت :-

١- فى البيئات الخالية من المبيد كانت عشـيرة الدروسـوفلا ميلانوجاسـتر بالإسكندرية أقل فى قدرتها التنافسية أمام عشيرتى الدروسوفلا سـميولانس مـن

الإسكندرية وجانكليس. بينما كانت عشيرة الدروسوفلا ميلانوجاستر بجانكليس تفوق فى قدرتها عشيرتى الدروسوفلا سميولانس.

٢- أدت تربية البرقات على بيئات غذائية تحتوى على المبيد إلى زيادة القدرة التنافسية للدروسوفلا ميلانوجاستر عن الدروسوفلا سيميولانس بصفة عامة فى كلا المنطقتين.

٣- أدت زيادة حجم العشيرة إلى 280 يرقة لكل أنبوبة إلى زيادة القدرة التنافسية بوجه عام للدروسوفلا ميلانوجاستر عن الدروسوفلا سميولانس فى كلا المنطقتين.

٤- فى كلا الحالتين السابقتين زادت القدرة التنافسية للدروسوفلا ميلانوجاستر تحت درجتى حرارة 25°C و 29°C عن ما سجلت تحت درجة حرارة 15°C.

هذه النتائج أظهرت بكل وضوح أثر التغذية كعامل بيئى فى القدرة التنافسية للعشائر المختلفة. فالتغير فى الإحتياجات الغذائية سواء كان تغيرا كميا أو تغيرا بيئيا ناتج عن إستخدام الملوثات الكيميائية قد يؤثر ذلك على توازن العشائر التى تتطلب إحتياجات غذائية متقاربة.

وفى تجربة قام بها المصرى Masry وآخرون عام 1987 لدراسة تأثير مبيد المالاثيون على القدرة التنافسية لنوعى الدروسوفلا ميلانوجاستر وسيميولانس جمعت من ثلاثة مناطق متباعدة عن بعضها ومختلفة من حيث الظروف البيئية وهى منطقة العجمى وتقع بحوالى 20 km غرب الإسكندرية ومنطقة كفر الشيخ وتقع بالدلتا تبعد بحوالى 110 km عن الإسكندرية ومنطقة شبين الكوم وتبعد حوالى 50 km عن كفر الشيخ. ومنطقة العجمى تتناثر فيها أشجار التين والزيتون ويكاد يكون إستخدام المبيدات فى المعاملات الزراعية بها معدوم بينما منطقتى شبين الكوم وكفر الشيخ هى مناطق زراعية تستخدم فيها المبيدات بدرجة متنوعة

ومكثفة. وقد تم أيضا دراسة التأثير الطفرى لهذا المبيد على الدروسوفلا ميلانوجاستر. ولقد أوضحت النتائج ما يلى :-

١- لم تؤدى المعاملة بالمبيد إلى إستحداث معنوى للطفرات المتنحية المرتبطة بالجنس مما يدل على أن التأثير الطفرى لهذا المبيد ضعيف.

٢- أظهرت عشيرة الدروسوفلا ميلانوجاستر وبصفة عامة فى أى منطقة قدرة تنافسية عالية عن الدروسوفلا سميولانس .

كما أوضحت نتائج هذه التجارب مدى تأثير المبيدات كعامل بيئى على تغيير التكوين أو التركيب العشائرى population structure لأنواع من الكائنات الحية الشديدة القرابة من بعضها. فبالرغم من ضعف التأثير الطفرى لبعض المبيدات إلا أن تعريض الحشرات لها أو التغذية عليها قد يؤدى إلى إختلال فى توازن العشائر الطبيعى لهذه الأنواع البرية.

ولقد أوضحت نتائج التجارب التى أجرتها الأيوبى Al-Ayoubi عام 2004 a,b أن تعريض عشائر طبيعية من ذبابة الدروسوفلا ميلانوجاستر إلى تركيزات مختلفة من بعض المعادن الثقيلة مثل الزرنيخ والرصاص والكادميوم والزئبق أدى إلى زيادة تكرار العوامل المميتة وشبة المميتة والمقللة للحيوية فى العشيرة. كذلك أظهرت النتائج أن المعاملة أدت إلى إنخفاض معنوى فى نسبة فقس البيض وزيادة معنوية فى طول مدة أو فترة التطور من يرقة إلى حشرة كاملة . كما أثرت المعاملة أيضا على إنخفاض معنوى فى خصوبة وحيوية الأفراد الناتجة. زاد هذا التأثير بزيادة تركيز المعدن الثقيل فى البيئة التى تعيش عليها الحشرات. مثل هذا التأثير سوف يؤثر بالطبع سلبا على القدرة التنافسية لهذه العشائر المعرضة لمثل هذه المواد الكيميائية وبالتالى سوف يؤثر سلبا على حجم العشيرة .

الإستنتاجات التى أستخلصت من نتائج تجارب التنافس سواء بين الأنواع أو داخل نفس النوع على حشرة الدروسوفلا مطابقة إلى حد كبير لتلك المستخلصة من

نتائج التنافس التى أجراها يوسيدا Yosida عام 1950 على الخنافس من الأنواع *Calandra oryzae* و *C. sasakii* والتى أجراها بيرش Birch ومعاونون عام 1951 وبارك Parkعام 1957 وداوسون Dawson عام 1967 على نوعى الخنافس *Tribolium castaneum* , *T. confusum* والتى أجراها بمنتال Pimental ومعاونوه عام 1965 على أنواع من الذبابة المنزلية *Musca domestica*.

٢- إختلال التوازن البيولوجى البيئى نتيجة تأثير المبيدات على كائنات التربة

حيث أن الغرض من إستخدام المبيدات هو قتل الكائنات الحية ، فليس من المدهش أن بعض من هذه المبيدات سام لكائنات حية معينة فى التربة. وفى نفس الوقت فإن الإختلاف فى كائنات التربة كبير ، وما عدا بعض المبيدات التى تستخدم فى عملية التدخين للتربة ، فمعظم المبيدات لاتستطيع قتل عدد كبير من كائنات التربة. فمركبات التدخين المستعملة لمكافحة حشرة معينة فى التربة مثل النيماتودا ، لها تأثير فعال على كل من حيوانات التربة Fauna وأيضا على نباتات التربة Flora عن مبيدات أخرى. فمثلا 99% من مفصليات الأرجل فى التربة يقتل عادة بالمواد المدخنة مثل الـ Vapam وقد تأخذ فترة قد تصل إلى سنتين حتى تستعيد هذه الكائنات تواجدها. ولحسن الحظ فإن نباتات التربة تستعيد تواجدها فى وقت أقل.

وعملية التدخين تقلل من عدد بعض أنواع نباتات أو حيوانات التربة ، خاصة بتكرار الإستخدام كما فى حالة مكافحة النيماتودا. وفى نفس الوقت ، فإن عدد البكتيريا الكلى يكون أكثر بكثير بعد عملية التدخين عن ما قبلها. وهذا يرجع ربما إلى غياب الكائنات المنافسة و المفترسة بعد عملية التدخين.

إن تاثير المبيدات على حيوانات التربة تختلف من مركب كيميائى إلى مركب كيميائى آخر ومن كائن حى إلى كائن حى آخر. فالنيماتودا لا تتاثر بصفة عامة بالمبيدات ما عدا مدخنات fumigants معينة. والحلم mites بصفة عامة حساسة

لمعظم مركبات الفوسفات العضوية والهيدروكربونات المكلورة chlorinated hydrocarbons ، ما عدا مركب الألدرين Aldrin. ولحسن الحظ كثير من المبيدات لها فقط تاثيرات خافضة ولكن باعتدال على أعداد ديدان الأرض Earthworm ما عدا معظم الكرباماتات carbamates وبعض مبيدات النيماتودا ، والتى لها تأثير سام على ديدان الأرض. ولقد وجد أن تركيزات المبيدات فى أجسام ديدان الأرض مرتبطة بتركيزاته فى التربة .

والمبيدات لها تأثيرات معنوية على عدد مفترسات معينة ، ومن ثم على عدد الكائنات المفترسة Prey organisms. فعلى سبيل المثال فالمبيدات التى تقلل من عدد الحلم المفترس Predatory mites قد يشجع على زيادة عدد حشرات الـ Springtails التى تعمل كفريسة Prey للحلم Mites.

أما بالنسبة للتأثيرات على الكائنات الدقيقة فى التربة فيمكن القول بصفة عامة أن مستويات البكتيريا فى التربة لا تتأثر بشدة باستخدام المبيدات ومع ذلك فالكائنات المسئولة عن عمليتى النترتة Nitrification وتثبيت النيتروجين Nitrogen fixation قد تتضرر فى بعض الأحيان. فالمبيدات الحشرية والفطرية تؤثر على العمليات السابق الإشارة إليها أكثر من معظم مبيدات الحشائش ، بالرغم من أن بعض هذه المبيدات لها القدرة على تخفيض عدد الكائنات التى تقوم بهذه التفاعلات (النترتة و تثبيت النيتروجين).

وحديثا وجد أن بعض المبيدات يمكن أن تشجع عملية تثبيت النيتروجين حيويا عن طريق تثبيط نشاط البروتوزوا Protozoa وبعض الكائنات الأخرى التى تنافس أو تفترس البكتيريا التى تثبت النيتروجين.

وتعتبر التأثيرات السالبة لمعظم المبيدات على كائنات التربة الدقيقة فى التربة هى مؤقتة ، وبعد أيام قليلة أو أسابيع تستعيد التربة أعدادها الطبيعية من هذه الكائنات. وعموما يجب الإحتراس عند إستخدام هذه الكيماويات ، فيجب إضافتها فقط عند الضرورة وبالمستويات المناسبة.

سادسا: التلوث البيئى وانقراض بعض الأنواع

الأنواع المهددة بالإنقراض هي أنواع الحيوانات والنباتات التي تواجه خطر الإنقراض. ويقدر العلماء أن أكثر من 8300 نوع نباتي و 7200 نــوع حيــواني على سطح الكرة الأرضية مهددة بالإنقراض وتوجد غالبيــة هــذه الأنــواع فــي المناطق الإستوائية والبلدان النامية. وهناك آلاف أخرى تنقرض كل سنة قبــل أن يكتشفها علماء الحياة. الإنقراض Extinction عملية طبيعية خلال مسيرة التطور. لقد تطورت الأنواع واختفت ببطء خلال الأزمنة الجيولوجيــة نتيجــة التغيــرات المناخية وعدم قدرتها على التكيف مع علاقات التنافس والإفتراس. ولكن منذ بداية القرن السابع عشر إزداد معدل الإنقراض بشكل ملحوظ بسبب الزيادة فــي عــدد سكان العالم واستهلاك الإنسان للموارد الطبيعية. إن التغير السريع الــذى يحــدث بفعل التلوث البيئى يحدث بسرعة أكبر مما تستطيع معظم الأنواع التأقلم معه مــن خلال عملية التطور أو الإصطفاء الطبيعي. ولقد أوضحت الدراســات أن معــدل الإنقراض العالمي الحالي هو أكبر من معدل الإنقراض الطبيعي بشكل مقلــق. إن العديد من علماء الحياة يعتقدون أن الوضع الحالى يظهر أكبر إنقــراض جمــاعي Mass extinction منذ إنقراض الديناصورات منذ 65 مليون سنة.

يقدر العلماء أن العالم يفقد ما بين خمسين ألف ومائة ألف نوع من المخلوقات كل عام. وقد أوضحت الدراسات أن معدل إنقراض الأنواع بلغ ضعف ما كانــت تذهب إليه تقديرات الخبراء قبل أربعة أعوام فقط. بينما أشار أحد التقارير البيئيــة إلى أن معدل تناقص الأنواع هذا لم يحصل في الأرض منذ خمس وستين مليــون سنة ، حين إنقرضت الديناصورات. وبهذه الوتيرة فنحن ربما نكون نقتــرب مــن حالة إنقراض جماعية مماثلة لما وقع من قبل. وإذا لم يتم وقف التــدهور الحــالي الذى يحدث في البيئةنتيجة التلوث بكافة أشكاله فإن العالم سيفقد وإلى الأبــد نحــو خمسة وخمسين في المائة من الكائنات خلال فترة تتراوح من خمسين إلى مائة عام من الآن. وقد سبق أن حصلت في الماضي وتيرة خسائر مماثلة في التنوع الحيوي

ونجمت عن تلك الكوارث آثار وخيمة إنعكست على الأنواع التي أفلتت من الإنقراض. وعلى مدى الأعوام الثلاثين القادمة، يتوقع العلماء إنقراض نحو ربع الثدييات المعروفة وعشر أصناف الطيور المسجلة نتيجة للتغير المناخي المطرد والفقد في مواطنها الطبيعية. كما يتوقعون أن عددا كبيرا من الحشرات والدود والعناكب تشرف أيضا على الإنقراض. وعندما تنقرض أصناف من الكائنات فإنها تخلف ثغرة في المنظومة البيئية. ، وربما تؤثر في وعينا ببيئتنا. لكن هذا ليس كل شيء ، فكل كائن ينقرض ، يأخذ معه ثروة من المعلومات. عندما يموت آخر فرد في صنف من الكائنات، نفقد كل المعلومات عن عمليات التكيف التي تراكمت على مدار ملايين السنين. وسيكون إهمالا بالغا منا أن نسمح بفقد هذه المعلومات. ولقد أوضحت الدراسات والإحصائيات أن :-

5.3 بليون هو عدد سنوات التطوّر للوصول إلى التنوّع البيولوجي الحالي.

13 – 14 مليون هو العدد الإجمالي للأنواع التي يُقدّر وجودها.

12 – 13% هو النسبة المئوية للأنواع المدروسة.

816 هو عدد الأجناس التي سُجّل إنقراضها خلال الخمسة قرون الأخيرة بسبب الأنشطة البشرية.

1 من 4 هو نسبة أنواع الثدييات التي تواجه خطر الإنقراض في القريب العاجل.

1 من 7 هو نسبة الأنواع النباتية التي تواجه خطر الإنقراض في القريب العاجل.

1 من 8 هو نسبة أنواع الطيور التي تواجه خطر الإنقراض في القريب العاجل.

أكثر من 200 مليار دولار أمريكي هي القيمة المُقدّرة للتجارة الدولية سنوياً في مجال الحياة البرية.

وهناك العديد من الأسباب التي تؤدي إلى إنقراض الأنواع أو جعلها مهددة بالإنقراض منها :-

١- تدمير البيئة أو الموطن

أحد الأسباب الرئيسية التى تؤدى إلـــى الإنقــراض هــو تــدمير المــوطن Habitat destruction أو البيئة التى يعيش فيها الكائن الحى بفعــل الأنشــطة البشرية. خلال تطور الأنواع معظمها يتكيف للعيش في مواطن أو بيئات محـــددة بحيث تلبي إحتياجاتها الضرورية للبقاء. وبدون هذه المواطن لن تســتطيع هــذه الأنواع العيش أو البقاء. وعند تدمير هذه المواطن لا يمكن بعد ذلك لهذه الأنــواع الإستمرار بالعيش في نفس البيئة. هناك سبب لا يقل أهمية عن تدمير الموطن وهو تجزئة هذه المواطن إلى مساحات صغيرة وعزلها عــن بعضــها. تجزئــة هــذه المواطن يؤدي إلى إلغاء الإتصال مابين الأنواع النباتية والحيوانية المتبقية علـــى هذه الأجزاء مما يقلل من تنوعها الوراثي Genetic diversity و يجعلهــا أقــل قدرة على التكيف مع البيئة ومع التغيرات المناخية وتكون بذلك معرضة للإنقراض بشكل كبير. وهناك العديد من الأسباب التي تقضي على المــواطن الطبيعيــة أو تجزئها وأهمها :-

أ- التلوث.

ب- تجفيف الأراضي الرطبة.

جـ- تحويل الأراضي الحراجية إلى مناطق رعوية.

د- تدمير الحواجز المرجانية.

هـ- بناء الطرق والسدود.

و- بناء المدن والمناطق السكنية.

٢- تجارة أنواع الحياة الفطرية

تُشير التقديرات إلى أن العائد السنوي لتجارة أنواع الحياة الفطرية يصل إلى مليارات الدولارات ، وأن هذه التجارة تشمل مئات الملايين من أنـــواع النباتـــات والحيوانات. وتتسم هذه التجارة بالتنوع وأنها تمتد من الحيوانات والنباتـــات إلـــى أنواع شتى من المنتجات الجانبية المشتقة منها بما في ذلـــك المنتجـــات الغذائيـــة

والجلدية والآلات الموسيقية الخشبية، والتحف السياحية والأدوية. و قد بدأت هـذه التجارة بالظهور منذ بداية القرن السابع عشر وأدت إلى إنقراض العديد من الأنواع أو جعلها مهددة بالإنقراض. فعلى سبيل المثال الصناعات المعتمدة على الحيتـان والتي يتم فيها صيد الحيتان من أجل زيتها ولحمها أدت إلى جعل العديد من أنواع الحيتان على حافة الإنقراض. وحيد القرن الإفريقي الأسود أيضاً مهدد بالإنقراض بشكل خطير بسبب صيده من أجل قرنه الذي يستعمل كدواء ومقوي.

٣- إدخال أنواع جديدة إلى البيئة

إن إدخال أحد الأنواع إلى نظام بيئي معين وأن هذا النوع جديـد لـم يكـن موجود من قبل فى هذه البيئة Species Invasion by nonnative يسبب العديد من الأضرار للأنواع الأصلية المتوطنة في هذا النظام البيئي. قـد يـدخل النـوع الأجنبي أو الدخيل إلى نظام بيئي ما بطريق الصدفة أو عمداً ويمكـن أن ينـافس الأنواع الأصلية الموجودة أصلاً في النظام البيئي أو يرتبط معها بعلاقات إفتراس. وقد لا تملك النباتات والحيوانات الأصلية أي وسيلة للدفاع ضد الغزاة والذين قـد يقضون على هذه الأنواع أو ينقصون عددها بشكل كبير. تلك الآثار المدمرة هـي غالباً غير قابلة للعكس وغالباً ما لا يوجد طريقة لمنع الضرر من الإنتشار.

٤- التلوث البيئي Pollution

التلوث البيئي هو عامل آخر مهم مسبب للإنقراض. المواد الكيميائية السامة وخاصة مركبات الكلور ومواد الأسمدة والمبيدات الحشـرية مثـل الـ DDT أصبحت مركزة في السلاسل الغذائية. ويكون تأثير هذه المواد كبيرا في الأنـواع القريبة من قمة الهرم الغذائي. التلوث المائي وارتفاع حرارة الماء عامل مهم أيضاً وقد قضى على العديد من أنواع الأسماك في العديد من المـواطن. تلـوث المـاء بالنفط أيضاً يدمر الطيور والأسماك و الثدييات. ويمكن أن يغطي النفط قاع المحيط للعديد من السنوات. ولقد أصبح من المعروف أيضاً أن الأمطار الحامضية الناتجة

عن السمية المفرطة للهواء تسبب مقتل الأحياء في بحيرات المياه العذبة و تـــدمير مساحات شاسعة من أراضي الغابات.

٥- التغيرات المناخية Climatic Changes

التغير في مناخ العالم والذي أعتبر من أهم أسباب الإنقراض عبر العصـــور الماضية مثل الجفاف والحرارة الشديدة وانخفاض مستوى البحار وهبوط درجـــة الحرارة وتمدد الثلوج الذي يسبب إنخفاضًا في درجة حرارة المحيطات الدافئة التي تعيش بها معظم الكائنات ، كما أن الأنشطة البركانية أيضًا تعد ســـببا هامًـــا وراء الإنقراض.

الباب التاسع

طرق الحماية من التلوث البيئى

مقدمة

أصبحت قضية حماية البيئة وصيانة عناصرها المختلفة موضوعا رئيسيا على موائد البحث العلمى ولدى كثير من الوزارات مثل وزارة البيئة والصناعة والزراعة والهيئات المعنية بهذا الأمر. ولقد بذلت جهود ضخمة للسيطرة على مسببات التلوث المختلفة ، إلا أنه ما زال يبقى الكثير من العمل. فقد تظهر منابع جديدة من التلوث دون إنقطاع ، وأن الإهمال وعدم الإهتمام يجعلها تظهر مرة أخرى من جديد. ومن نتائج التلوث والذي يسبب قلقا وخطورة هى الخسارة التي تسببها للجسم الإقتصادي ، والأعباء التي تفرضها على الأمم ، وعلى الجماعات والصناعات والأفراد ، حيث ينعكس ذلك على مستوى المعيشة لأفراد الشعب. وأخيرا فإن النفقات التي يسببها التلوث من أجل حماية الصحة تتسبب وبكل تأكيد فى عجز كبير في ميزانية الضمان الإجتماعي. لذلك يجب علينا العناية والمحافظة على نظافة البيئة من كل الملوثات.

ومن أجل تفعيل ذلك يجب النظر بكل جدية لأهم قضايا البيئة فى مصر من حيث مصادر التلوث وأسبابه ومداه ، وتقييم السياسات التى طبقت خلال الفترة الماضية والمنهج المقترح للتحكم فى التلوث وزيادة فاعلية السياسات اللازمة لذلك.

يعتبر التلوث البيئى بالنفايات الصلبة من أهم وأخطر مصادر التلوث فى جمهورية مصر العربية. إن النفايات الصلبة (القمامة) يتم التخلص منها على ثلاثة مراحل هى التجميع والنقل ثم المعالجة. يقدر حجم هذه المخلفات على مستوى الجمهورية يوميا بواقع 22 الف طن منها 14 ألف طن قمامة من المنازل والشوارع و 8 آلاف طن مخلفات مبانى ومرافق عامة.

وفى مدينة القاهرة يبلغ حوالى خمسة آلاف طن يوميا وفـى الإسـكندرية حوالى 1250 طنا يوميا. وتتوزع القمامة على سبيل المثال فى مدينة القاهرة يوميا ما بين أطنان حديد ومواد خضراء وبلاستيك وورق جرائد ومنسـوجات وعظـام وحجر وغيرها.

وعلى مستوى تجميع القمامة ، فلاتزال الجهود المبذولة قاصرة عن الوفـاء بنقل القمامة بالكامل خارج إطار المناطق السكنية نظرا لقصور جهـود الأجهـزة الحكومية والقطاع الخاص ، حيث يتم تجميع ونقل نحو ثلثى كمية النفايات الصلبة، ومن ثم يترك الثلث المتبقى فى الشوارع والطرقات ومقالب القمامة داخل المناطق السكنية ومناور المنازل ومداخلها وأمامها.

بالنسبة لتدهور خصوبة الأراضى الزراعية (التصحر) ، هناك إختلاف فـى توازن الرى بين الزيادة والنقصان، وعوامل التعريـة والإنجـراف ، والكثبـان والفرشات الرملية المنتشرة فى الصحراء الغربية كل هذه العوامل تعد مصدر تهديد للواحات وشبكات الطرق والتخوم الغربية للأراضى الزراعية فى صعيد مصر.

ويذكر أن مصر أصبحت تتواجد على خريطة العالم للتصحر التـى تضـم حوالى 90 دولة تواجه مشكلة التصحر حيث إنخفضت إنتاجية أراضى هذه الدول خلال عشرين عاما بمعدل 40 % كما أن إحتمالات نقص الأراضى القابلة للزراعة قد تصل إلى 25 % من الأراضى المنزوعة فى الدول النامية.

إن من أهم قضايا البيئة أيضا فى مصر هو التلوث المائى الذى يشمل كـلا من البيئة البحرية والماء العذب. فالأولى قد بلغ تدهورها حدا مثيرا للقلق خاصـة بالنسبة لشواطئ مصر الشمالية حيث حدثت زيادة ملحوظة فى التلوث الناجم عـن الصرف الصحى فى مياه شواطئ شرق الاسكندرية ، مما أضحى يهدد الكائنـات البحرية والبيئة البحرية بهذه المنطقة. كما تعانى البحيرات المصرية فـى شـمال الدلتا (مريوط – ادكو – البرلس – المنزلة) من حالة تسمم حاد ومزمن ناتج عـن

الصرف الصناعي والزراعي. ووفق الدراسات أن الصرف الزراعى والصناعى فى هذه البحيرات قد قتل حوالى 50 % من الكائنات البحرية الموجودة بها.

أما المياه العذبة التي تتمثل فى مياه نهر النيل والمياه الجوفية ، فتتنوع مصادر التلوث ما بين المصادر الصناعية والزراعية ومياه الصرف الصحى والقمامة والمصادر الأخرى. ويزداد تلوث الماء العذب كنتيجة مباشرة للتوسع فى مشروعات التنمية الصناعية والزيادة السكانية وغياب التخطيط البيئى وسوء إستخدام نهر النيل وصرف المصانع والتجمعات السكانية لمخلفاتها السائلة إليه مباشرة أو بطريقة غير مباشرة مما أدى إلى زيادة تلوث مياهه والتغيير فى خواص المياه الطبيعية والكيميائية مما يؤثر بالتالى على جميع أنواع الحياة بالنهر واستخدامات المياه المختلفة.

وهناك أعداد كبيرة من المصانع الواقعة على ضفتى النهر إن لم تكن جميعها تلقى بمخلفاتها فى النيل دون معالجة ، وهى مصانع ضخمة تلقى بكميات كبيرة تضاعف من التلوث ، مثل مصانع كيما في أسوان ، ومصانع السكر فى كوم أمبو وإدفو ودشنا وقوص ونجع حمادى ، ومصانع الزيوت والصابون ومصانع تجفيف البصل في سوهاج ، ومصانع حلوان وأسيوط وأبى زعبل وطلخا وكفر الدوار وغيرها. وعلى سبيل المثال تلقى شركة النصر للكوك والكيماويات 16 ألف متر مكعب فى اليوم مخلفات صناعية سائلة حمضية تحتوى على مواد عالقة وتركيزات عالية من الأمونيا والنترات. كما تلقى شركة الحديد والصلب حوالى 600 ألف متر مكعب فى اليوم مخلفات سائلة عالية الملوحة وتحتوى على تركيزات عالية من الحديد والمنجنيز والزنك. وكذلك تلقى شركة النصر لصناعة المواسير الصلب ولوازمها حوالى 34 ألف متر مكعب فى اليوم مخلفات سائلة تحتوى على مواد عضوية وفوسفات وزيوت ومعادن مثل الحديد والمنجنيز والزنك. أما شركة السكر والتقطير المصرية فتلقى حوالى 80 ألف متر مكعب فى اليوم مخلفات سائلة تحتوى على مواد عالقة بنسبة عالية وحمل عضوى عال علاوة على الفوسفات.

وبالنسبة لتلوث الهواء أوضحت الدراسات أن نسبة تلوث الهواء فى مصر تتراوح ما بين 7–10 أضعاف الحد الأقصى المسموح به فى المناطق السكنية وأن تزايد نسبة ملوثات الدخان وثانى أكسيد الكبريت ، وما ينتج عن عوادم السيارات من زيادة نسبة الرصاص فى طبقات الهواء السفلى قد أصبح ضارا بصحة الإنسان والحيوان والنبات.

ومن الدراسات الميدانية والإحصائية يتبين أن معدل تلوث هواء العاصمة (القاهرة) أضعاف المعدلات المسموح بها دوليا بسبب المناطق الصناعية وحرق القمامة وعادم السيارات وغير ذلك. وأيضا فإن القاهرة قد تجاوزت حدود الأمان فيما يختص بالتلوث والتى جعلتها تحتل مكان الصدارة بين دول العالم المختلفة فى درجة التلوث.

وفى مقارنة بين نسبة التلوث فى هواء القاهرة مع بعض العواصم الأخرى والمعدلات الدولية نجد أنه بينما تصل نسبة الرصاص فى الجو 4.4 إلى حوالى ميكروجرام/م٣ فى لندن و 3.8 ميكروجرام/م٣ فى برلين ترتفع النسبة فى القاهرة لتصل إلى 14.9 ميكروجرام/م٣. كذلك وصلت نسبة ثانى أكسيد الكربون 380 ميكروجرام/م٣ فى هواء القاهرة بينما المسموح به دوليا لا يتعدى 200 ميكروجرام/م٣.

وتسجل معظم المدن المصرية أعلى نسب الضوضاء بين مدن العالم. وترجع مصادر الضوضاء الرئيسية للإسراف فى إستخدام آلات التنبيه الصوتية لوسائل النقل العام والخاص وضجيج محركات المركبات والطائرات واستخدام مكبرات الصوت فى كافة مظاهر الفرح والحزن والدعاية وانتشار المصانع الصغيرة والورش داخل الأحياء السكنية. وقد أثبت أسلوب التنظيم فشله فى الحد من ظاهرة الضوضاء.

وفى مدينة القاهرة حيث يبلغ عدد السكان حوالى أكثر 12 مليون نسمة تمثل شدة الضوضاء من 70–92 ديسيبل وفى مدينة طنطا حيث يبلغ عدد السكان حوالى

4 ملايين نسمة تمثل شدة الضوضاء من 62-84 ديسيبل وذلك على سبيل المثال. كذلك فإن مستوى الضوضاء فى الأحياء ذات المستوى المعيشى المرتفع والمتوسط يصل إلى الحد المسموح به ، أما فى الأحياء ذات المستوى المعيشى المنخفض فكانت شدة الضوضاء أعلى من الحد المسموح به بكثير.

ومن العوامل التى ساعدت على إنتشار الضوضاء ضيق الشوارع حيث أثبتت الدراسة أنه إذا كان عرض الطريق 6 متر يتضخم مصدر الصوت البالغ قدره 95 ديسيبل ليصبح 105 ديسيبل نتيجة رنين الصوت على حوائط المبانى ، أما إذا كان عرض الشارع 24 متر فلا يحدث تضخيم الصوت ، وأيضا عدم وجود موانع صوتية على جانبى الطريق مثل الأشجار والحواجز الصناعية العالية ، وإرتفاع درجة الحرارة فى معظم شهور السنة مما يدفع المواطنين إلى فتح النوافذ للتهوية ، حيث أن إغلاق النوافذ يمنع حوالى 25 ديسيبل من الضوضاء فى الشارع، وعدم الفحص الفنى لوسائل النقل مما يرفع من صوت محركاتها.

وقد تمثلت أوجه القصور فى معالجة قضايا البيئة فى غياب المنظور الشامل لقضايا البيئة. وبالرغم من أن التشريع قد حظى بالأولوية فيما يتعلق بأدوات حماية البيئة إلا أن النصوص المتفرقة فى قوانين عديدة خاصة بجوانب بيئية كانت تكتنفها كثيرا من الصعوبات والمعوقات.

إن هناك إنجازات قد تحققت من خلال جهاز شئون البيئة ووزارة البيئة وغيرها من الأجهزة المعنية أدت إلى إيجاد قدر مناسب من التفهم لمشاكل التلوث والوعى بها. ولكن من ناحية أخرى يلاحظ غياب الإدراك الكامل للعواقب البيئية على مستوى الفرد والوحدات الإنتاجية.

ولكى ننجح فى التصدى لمخاطر التلوث يجب فهم التلوث الناتج من النشاط البشرى ومصادره وجذوره. والتصدى لجذور التلوث يكون بالتمييز بين مصادره المختلفة ومواجهة كل مصدر على حدة ، وتغيير مسارتنا القديمة القائمة على أن الملوثات التى تنبعث إلى الفضاء أو تصب فى البحار والأنهار سوف تختفى ،

فالحقيقة أنها تبقى وتتفاعل وتؤثر فى حياتنا. ويستند هذا المنهج فى مجابهة التلوث على مجموعة من خطوط الدفاع أو الحلقات المتتابعة فى شكل إجراءات تزيد من فاعلية إدارة منع التلوث بداية من المنع كأولوية أولى أو خفض التلوث عند المصدر كلما أمكن ذلك. وسوف نناقش ذلك تباعا.

أولا: الحد من التلوث البيئى

١- الحد من تلوث التربة

تعتبر الأرض هى المستقبل الأول لكثير من المخلفات والمواد الكيميائية التى تستعمل فى المجتمعات الحديثة. ولقد سبق الحديث عن الملوثات المختلفة التى تلوث التربة وأضرارها للنبات والإنسان والحيوان. ومن الضرورى تجنب هذه الملوثات أو تحطيمها أو تقليل نشاطها فى التربة حتى يمكن أن نحصل على غذاء آمن ونظيف. وهناك العديد من المحاولات لإزالة أو التخلص من ملوثات التربة يمكن حصرها فيما يلى :-

أ- خفض تركيز الملوثات فى التربة.

١- يجب التريث في إستخدام المبيدات الزراعية تريثاً كبيراً.

٢- يجب عمل الدراسة الوافية قبل التوسع باستخدام الأسمدة الكيماوية بأنواعها.

٣- عدم إستخدام المبيدات الكيميائية المقاومة للتحلل فى التربة مع إستخدام أو التوسع فى المكافحة الحيوية المتكاملة. ومن أهم المقترحات لتقليل مستوى المبيدات فى التربة هو إضافة مواد عضوية سهلة التحلل عن طريق زراعة محاصيل ذات المحتوى العالى من النيتروجين أو إضافة أسمدة عضوية وذلك لتشجيع نمو الكائنات الدقيقة فى التربة التى تؤدى إلى تكسير المبيدات. كما أنه يمكن خفض تركيزات المبيدات فى التربة عن طريق زراعة النباتات التى لا تؤكل وتعمل على تجميع المبيد وأيضا غسيل التربة. ولسوء الحظ فإن بعض هذه التقنيات تعمل على

نقل المبيدات من التربة لأماكن أخرى فى البيئة كمجارى المياه مثلا مما يجعل هذه المقترحات محدودة الفائدة.

٤- مكافحة الآفات بأساليب أخرى مثل إستخدام المصائد المائية المحتوية على الجاذبات الجنسية وبالتالى عدم إستخدام المبيدات أو التقليل من إستخدامها.

٥- إستنباط سلالات نباتية تعمل على مقاومة الآفات ومن ثم التقليل أو منع إستخدام المبيدات الكيميائية.

٦- التوسع في زراعة الأشجار حول الحقول وعلى ضفاف البحيرات والقنوات والمصارف وعلى الطرق الزراعية .

٧- يجب العناية بدراسة مشاكل الري والصرف ، والتي لها آثار كبيرة في حالة التربة الزراعية .

ب- الحد من الملوثات الغير عضوية

هناك طريقتين يمكن إستخدامهما للحد من تلوث الأرض بالمركبات غير العضوية السامة وهما :-

١- خفض الكميات المضافة من هذه الملوثات ، سواء عن طريق مباشر (إضافة مبيدات - الأسمدة - المخلفات الصلبة - ماء الرى) أو عن طريق غير مباشر (عن طريق تلوث الهواء الناتج عن طريق الصناعة أو وسائل النقل وغيرها).

٢- خفض دورة الملوثات فى النظام البيئى عن طريق حجز هذه الملوثات فى التربة وخفض إمتصاصها بواسطة النبات ، فتصبح التربة عبارة عن مستقبل للملوثات وليس مصدرا لها وبذلك يتم كسر الدورة (تربة - نبات - حيون أو إنسان). أى تصبح هذه الملوثات فى التربة غير صالحة للإمتصاص بواسطة النبات. فمثلا رفع pH التربة أعلى من 7 يؤدى إلى تقييد هذه العناصر فى التربة وجعلها أقل حركة Immobile. وأيضا إضافة أكاسيد الحديد والمنجنيز

والفوسفات ووجود كربونات الكالسيوم فى التربة يجعل هذه العناصر أقل صلاحية للإمتصاص بواسطة النبات.

٣- يمكن الإستفادة من بعض النباتات التى لها القدرة على تجميع بعض هذه العناصر السامة وعلى ألا تستخدم فى تغذية الإنسان أو الحيوان. كما أن هناك أنواع من النباتات تستطيع إمتصاص بعض العناصر السامة من التربة والتخلص منها عن طريق التطاير من مجموعها الخضرى.

جـ - الاداره الامنة للملوثات العضوية الثابتة

الملوثات العضوية الثابتة هي مجموعة من الكيماويات لها خصائص سامة وتقاوم التحلل وتتراكم في أنسجة معظم الكائنات الحية عن طريق الغذاء والشراب والتنفس. وتنتقل هذه الملوثات عن طريق الهواء والماء والأنواع المهاجرة عبر الحدود الدولية وتستقر بعيداً عن مكان اطلاقها حيث تتجمع في النظم الإيكولوجية الأرضية والمائية وتؤدي إلى تسمم الإنسان والثروة الحيوانية مسببة أمراضاً عديدة مثل السرطان وتؤدي إلى عيوب خلقية وتؤثر على أجهزة المناعة والإخصاب والقدرات الذهنية. وتتعرض الأجنة في بطون أمهاتها لهذه المواد من خلال المشيمة ويتعرض الأطفال لها من خلال الرضاعة.

ومعظم هذه المواد يستخدم كمبيدات للآفات الزراعية والحشرية وبعضها يستخدم في الصناعة كما يتولد بعضها كناتج ثانوي - بغير قصد - أثناء بعض العمليات الصناعية مثل صناعات الورق والحديد والصلب والملبدات والإنتاج الثانوي للنحاس والألمونيوم والزنك وصباغة المنسوجات والجلود ومصانع تقطيع الخردة .

وتنتج من بعض العمليات الحرارية مثل محارق النفايات - خاصة الحرق المكشوف - ومن محارق الأسمنت التي تحرق نفايات خطرة ومن محارق الأخشاب والفحم ومحارق الجثث. كما تنبعث من غلايات المرافق والمنشآت الصناعية ومن المركبات الآلية لا سيما التي تحرق الوقود المحتوي على رصاص ومن مصافي نفايات الزيوت.

والإدارة الآمنة لهذه الملوثات تتطلب تحديدها وحصرها والتوعية بها وبمخاطرها وإيجاد بدائل لها أكثر أمناً والتخلص الآمن منها ومنع إنتاجها أو إستخدامها والتحكم في إنبعاثها حيث تتولد كناتج ثانوى. وتختلف الإدارة الآمنة للملوثات العضوية الثابتة من بلد إلى آخر طبقاً للظروف المناخية والإجتماعية والإقتصادية لكل بلد. وتوضح إتفاقية استوكهولم للملوثات العضوية الثابتة التدابير العامة للوقاية من مخاطر هذه الملوثات وتتلخص فيما يلي :-

١- تحديد الملوثات العضوية الثابتة وإجراء حصر شامل لها نوعاً وكماً وأماكن تواجدها أو تولدها وإنشاء نظم للمراقبة والرصد.

٢- التوعية بها وبمخاطرها على كافة المستويات.

٣- بناء القدرات على الإدارة الآمنة لها .

٤- تطوير واستخدام نظم الإدارة المتكاملة (IPM) واستخدام بدائل أقل خطورة.

٥- إستبدال مواد الـ (POPs) التي تستخدم في الصناعة ببدائل أقل خطورة

٦- إستخدام التكنولوجيا الأنظف (قليلة النفايات) وإجراء تغيرات في العمليات الصناعية بغرض خفض أو منع إنبعاث الملوثات مثل التحول إلى النظم المغلقة.

٧- إيقاف الحرق المكشوف والحرق غير المحكوم للنفايات.

٨- التقليل إلى أدنى حد من تولد النفايات وخاصة النفايات الخطرة وتعزيز إستفادة وإعادة إستخدام وتدوير النفايات

٩- تشجيع المنتجات التي تولد نفايات أقل.

١٠- إستخدام طرق محسنة لتنظيف غازات المداخن مثل الترميد الحراري والترميد بالحفز والأكسدة وتساقط الغبار أو الإمتصاص وتعديل تصميمات العمليات لتحسين الإحتراق ومنع تكون الملوثات العضوية الثابتة من خلال التحكم في القياسات مثل درجة حرارة الترميد أو مدة البقاء.

١١- إنشاء المرافق اللازمة للتخلص الآمن من الملوثات العضوية الثابتة.

١٢- الإلزام والإلتزام بالقوانين والتشريعات البيئية ذات الصلة .

١٣- ولتحقيق الإدارة الآمنة للملوثات العضوية الثابتة ، يجب مشاركة جميع الجهات المعنية في حل هذه المشكلة على أن يتم تحديد دور كل جهة والتنسيق فيما بينهم .

د- التقليل او التخلص من ملوحة التربة

يمكن التقليل من تمليح التربة باستخدام مياه رى ذات نوعية جيدة مع الإدارة السليمة. وفى حالة المساحات التى تم تمليحها فيمكن التخلص من الأملاح الزائدة فى التربة عن طريق إنشاء نظام صرف جيد والغسيل فى وجود إضافات من الكبريت أو الجبس للمساعدة على التخلص من بيكربونات الصوديوم السام. ويجب إستخدام التقنيات الحديثة فى الرى بدلا من إستخدام نظام الغمر الذى يسبب تحول مساحات كبيرة من الأراضى إلى أراضى مالحة.

هـ - الحد من تأثير المطر الحمضى.

يمكن الحد من تأثير المطر الحمضى عن طريق خفض كميات الغازات الحاملة للنيتروجين والكبريت المتصاعدة من المصانع ومحطات الكهرباء. كما يمكن إضافة كربونات الكالسيوم إلى الأراضى التى تحولت إلى الحموضة.

و- التخلص الآمن من النفايات النووية

لخطورة المواد المشعة على الإنسان والتى قد تنتج من المحطات النووية التى يزداد إنتشارها فى العالم حاليا فقد وضعت وكالة الطاقة الذرية الدولية عدد من الشروط التى يجب مراعاتها عند إنشاء المحطات النووية والتى تتلخص فيما يلى :-

١- وجود منطقة محظورة حول محطات الطاقة النووية لا يقل قطرها عن 2 كيلومتر ، يمنع دخول الغير العاملين فيها. وعلى أن لاتتجاوز الجرعات الإشعاعية التى يتعرض لها العاملون عن 25 ريم.

٢- أن يحيط بمنطقة المحطة النووية منطقة أخرى خارجية لايقل قطرها عن 20 كيلومتر. وتقل الكثافة السكانية بهذة المنطقة إلى أقل عدد ، وعلى ألا يتعرض المقيمون بهذة المنطقة أكثر من 25 ريم عن حدوث أى حادث.

٣- التخلص من النفايات النووية مثل مخلفات محطات توليد الكهرباء أو الصناعات الحربية النووية وذلك بالدفن فى مقابر أسمنتية أو خزانات صخرية فى باطن الأرض أو تحت قيعان البحر. والريم Rem هو وحدة الجرعة الممتصة فى جسم الإنسان وهى تكافىء رونتجن Roentgen واحد من الأشعة السينية. وأقصى حد مسموح من اللجنة الدولية لحماية الإنسان هو 500 مللى ريم . وعندما تزيد الجرعة عن 0.5 ريم فإن ذلك يؤدى إلى الإصابة بأمراض سرطانية تبعا لتركيز هذة الجرعة. وتعتبر الجرعة 0.5 ريم هى الجرعة القاتلة حيث يموت نصف من يتعرض لهذة الجرعة خلال 60 يوم ويلاحظ أن المللى ريم يساوى 0.001 ريم.

ز- التخلص من المخلفات الزراعية و قمامة المدن

يعاد تدوير المخلفات الزراعية الصلبة وقمامة المدن بما يحقق عائدا إقتصاديا. فالمخلفات العضوية يمكن كمرها وتحويلها إلى سماد كمبوست أو إدخالها فى صناعة البيوجاز لإنتاج غاز الميثان. ومن ثم نتجنب تلوث التربة عن طريق إستخدامها كمستقبل لهذه النفايات.

ط- طرق الحد من التلوث بالمخلفات الصلبة

يمكن الحد من التلوث بالمخلفات الصلبة اذا أخذنا فى الإعتبار الإهتمام بأمرين هما :-

أولا: التعامل مع المخلفات الصلبة بعدة مراحل هى :-

١- مرحلة التخزين: ويستخدم لها وعاء محكم الغلق ، كما يستحسن أن يخصص وعاء لكل نوع من المخلفات بعد تصنيفها كالأوراق والمخلفات الزجاجية ومخلفات المطاعم والمستشفيات وغيرها.

٢- مرحلة التجميع : ويقصد بهذه المرحلة نقل المخلفات من أماكن تخزينها المؤقتة الي أماكن تجميع مركزية حيث تتم معالجتها نْ وتستخدم لذلك عربات خاصة.

٣- مرحلة التخلص: سواء بتخصيص أماكن لدفنها خارج المدن ، أو تحويلها الي أسمدة ، أو حرقها في محارق خاصة. والإتجاه الحديث هو إعادة الإستفادة من هذه المخلفات الصلبة ، باعتبارها بقايا مواد كانت ذات قيمة إقتصادية في الأصل.

ثانيا: التخلص من المخلفات الصلبة وذلك بإجراء الآتى :-

١- دفن صحي للمخلفات الصلبة في التربة Sanitary Landfill: تعتمد هذه الطريقة علي أساس هندسي ، يتم فيها اختيار مكان خاص تضغط فيه المخلفات الصلبة علي شكل طبقات ، ثم تغطي بالتربة. ويتم تغطية قاع هذه الطبقة من المخلفات بمادة كتيمة (غير منفذة للمياه أو الغازات) كالبلاستيك ، وأن تغطي المخلفات بطبقة من الطين لا يقل سمكها عن 60 /سم.

٢- تحويل المخلفات إلي أسمدة Compositing: يتم تحويل المخلفات الصلبة إلي أسمدة بأن :-

أ- تمرر المخلفات علي مغناطيس لإزالة المعادن.

ب- تنخل لإزالة الأجزاء الكبيرة.

جـ - ثم يوضع الخليط في وعاء لإستكمال عملية التحلل فترة معينة ، وتضبط درجة الحرارة.

د- تجري عملية نخل للمنتج بعد إنتهاء العملية. وقد يضاف إليه أحيانا كميات من الفسفور والنيتروجين والبوتاسيوم ، لتحسين مواصفات السماد ، ثم يعبأ للبيع.

٣- الحرق في محارق خاصة Incineration: إن حرق المخلفات الصلبة يسبب إنخفاضا في الحجم يبلغ أحيانا نسبة 85% من الحجم الأصلي. وتتحول المواد القابلة للإحتراق الي غازات ودقائق ورماد. وتحرق المخلفات بدرجة حرارة تبلغ 950°C /م. ولقد كانت المحارق القديمة تسبب مشكلات تلوث ، كما أنه لم تكن

ثمة وسيلة لإسترجاع الطاقة الحرارية والإفادة منها. إلا أنه تم تصميم محارق حديثة ، تسهل الإستفادة من الطاقة الحرارية في مواد المخلفات الصلبة القابلة للإحتراق. وتستخدم محارق حديثة للتخلص من مخلفات المستشفيات ، ويستفاد من الحرارة الناتجة في تسخين المياه.

٤- إعادة الإسترجاع Recycling: تعتبر إعادة إسترجاع المواد ذات القيمة الإقتصادية من المخلفات الصلبة بين أكثر الطرق منطقية ، بحيث تمثل وسيلة للتخلص من المخلفات ، وفي الوقت ذاته وسيلة للحفاظ علي مصادر الثروة الطبيعية من النضوب.

٢- الحد من تلوث الماء

لقد سبق الإشارة إلى أن تلوث الماء هو عبارة عن تغييرات في خصائصه الطبيعية والبيولوجية والكيميائية تجعله غير صالح للشرب أو الإستهلاك المنزلي والزراعي والصناعي. وتشير الدلائل إلى أن نوعية المياه المستخدمة لأغراض مختلفة تتدهور بفعل التلوث إلى درجة قد تصل إلى عدم صلاحية هذه المياه في النشاط الإقتصادي والغذائي. كذلك أدى تلوث المياه إلى قتل الحياة البيولوجية في كثير من المسطحات المائية. ويمكن إجمال الوسائل المختلفة التي يمكن إستخدامها للحد من تلوث المياه فيما يلي :-

١- التوسع في إنشاء محطات تنقية مياه الشرب وإنتاج مياه للشرب طبقا للمعايير الإرشادية التي وضعتها المنظمات العالمية مثل منظمة الصحة العالمية أو دول المجموعة الأوروبية ، وتوصيل هذه المياه إلى جميع الأماكن التي في حاجه إلى مياه الشرب.

٢- معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة إستخدامها بعد معالجتها في ري المسطلحات الخضراء والمناطق التى يتم تشجيرها بالأشجار التي تستغل أخشابها أو التي تستخدم كمصدات للرياح أو أسيجة وذلك بدلا من صرفها في المسطحات المائية وذلك لتحقيق الزيادة في الموارد المائية.

وبالنسبة لعمليات التنقية يمكن تطهير المياه باستخدام عملية الكلورة Chlorination أي باستخدام غاز الكلور. وقد تستبدل عملية الكلورة باستخدام عملية الأزونة Ozonation أي باستخدام الأوزن Ozone (O_3). ويرجع السبب في إستبعاد غاز الكلور إلى إحتمال تفاعله مع المواد البلاستيكية وتكوين مواد عضوية مكلورة Chlorinated organics تتسم بخطورتها على صحة الإنسان.

٣- إنشاء محطات معالجه في المصانع لتقليل أو منع التلوث في مياه الصرف الصناعي واستغلال هذه المياه فى الأغراض المناسبة لنوعية هذه المياه.

٤- وضع سياسة صارمه بشأن إلقاء المخلفات غير المعالجة من المصانع أو المدن الكبيرة داخل المسطحات المائية سواء كانت البحار أو الأنهار أو المصارف الزراعية.

٥- عدم خلط المياه الملوثة بالمياه النظيفة والمعالجة الملائمة لتنقية المياه الملوثة.

٦- حماية المسطحات المائية من المنشآت والكازينوهات المقامة على حوافها ومن السفن السياحية والتى تلقي بمخلفاتها فى مياه المجاري المائية والتى تعتبر مصدر تلوث مباشر لها.

٧- وضع المواصفات الدقيقة للسفن المسموح لها بدخول الموانى والمياه الإقليمية بما يتعلق بصرف مخلفات الزيوت ، وتحميلها مسؤولية إخلالها بقواعد حماية البحر.

٨- مراقبة تلوث ماء البحر بصورة منتظمة، وخاصة القريبة بمصبات التفريغ من المصانع.

٩- إقامة المحميات البحرية في المناطق تضم أدق الكائنات البحرية الحية في العالم.

١٠- بالنسبة للتلوث النفطي تستخدم وسائل عديدة منها إستخدام المذيبات الكيميائية لترسيب النفط في قاع البحر أو المحيطات. ويستخدم هذا الأسلوب في حالة إندلاع النفط بكميات كبيرة بالقرب من الشواطئ ويخشى من خطر الحريق.

١١- بالنسبة لمياه المجاري الصحية فإن الأمر يقتضي عدم إلقاء هذه المياه في المسطحات البحرية قبل معالجتها.

١٢- تحسين سلوكيات المزارعين للحد من التلوث.

١٣- المحافظة على نظافة المساقي والتخلص من النفايات والحشائش التى تعوق المياه.

١٤- عدم إلقاء القمامة والنفايات أو الحيوانات النافقة فى الترع والمساقي والمصارف.

١٥- تقويم مياه الصرف الزراعي حتى يمكن إستخدام هذه المياه بشكل آمن فى الري خاصة فى المناطق التى تعانى من النقص فى الموارد المائيه.

١٦- الترويج لسياسة فرض غرامات على من يثبت قيامه بتلويث الماء.

٣- الحد من تلوث الهواء

يمكن التحكم فى الملوثات الجوية والتقليل من أثارها وذلك بعدة طرق يمكن تلخيص أهمها كما يلى :-

١- رصد ملوثات الهواء المختلفة مثل العوالق الجويه وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين والهيدروكربونات الكلية وأول أكسيد الكربون وغاز الميثان والهيدروكربونات غير الميثانيه والأشعة فوق البنفسجية وغاز الأوزون والرصاص والرياح (سرعة وإتجاه)، والحراره والرطوبة والأمونيا وأبخرة الأحماض والمذيبات العضويه وغيرها.

٢- بما أن الكبريت المسؤول الرئيسي عن التلوث بأكاسيد الكبريت فيجب علينا إنتزاعه بصورة كاملة ولأن هذه العملية مكلفة فينصح بالتقليل من نسبة وجوده.

٣- التقليل من الغازات والجسيمات الصادرة من مداخن المصانع كمخلفات كيميائية بإيجاد طرق إنتاج محكمة الغلق،كما ينصح باستخدام وسائل عديدة لتجميع الجسيمات والغازات مثل إستخدام المرسبات الكيميائية ومعدات الإحتراق الخاصة والأبراج واستخدام المرشحات.

٤- البحث عن مصدر بديل للطاقة لا يستخدم فيه وقود يحتوى على كميات كبيرة من الرصاص أو الكبريت ، وربما يعتبر الغاز الطبيعي أقل مصادر الطاقة الحرارية تلوثاً.

٥- الكشف الدوري على السيارات المستخدمة وإستبعاد التالف منها.

٦- إدخال التحسينات والتعديلات في تصميم محركات السيارات.

٧- الإتفاق مع الدول المصنعة للسيارات بحيث يوضع جهاز يقلل من هذه العوادم وذلك قبل الشروع في إستيراد السيارات.

٨- عزل وترسيب الملوثات الصلبة الكبيرة من الهواء المنطلق من المصانع والمعامل المختلفة باستخدام مرشحات تسمح بمرور الغازات ولكنها تمنع مرور الجزيئات الصلبة لكبر حجمها.

٩- إستخدام المرسبات الإلكتروستاتيكية لإزالة الجزيئات الصلبة الصغيرة نسبيا مثل الغبار والرماد وألياف الإسبستوس.

١٠- تحويل الملوثات السامة والضارة قبل إنطلاقها إلى الجو إلى مركبات غير ضارة ، وذلك عن طريق أكسدتها مثل أكسدة أول أكسيد الكربون والهيدروجين والهيدروكربونات وتحويلها إلى ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء وكلاهما غير سام.

١١- التوسع فى زراعة بعض النباتات والأشجار التى لها القدرة على إمتصاص بعض الملوثات ، مثل الصنبور القفقاسى Pinus eldariea Medw والصنبور النمساوى الأسود Pinus Nigra وكذلك شجرة عود الأنبياء Iron Wood ، والقمح ، والحمص ، فهذة النباتات تتميز بقدرة فائقة على إمتصاص أكاسيد النيتروجين من الهواء. لذلك فإن الغابات والأحزمة الخضراء فى المدن وفى مناطق المصانع تلعب دورا مهما فى تنقية الهواء من الملوثات. كما أن أشجار الكافور والزيزفون والعرعر لها تأثير مثبط على الملوثات الميكروبية.

١٢- إستخدام مصادر جديدة للطاقة قليلة التلوث مثل الغاز الطبيعى أو الطاقة الشمسية أو الطاقة الكهربية أو طاقة الرياح كبديل عن البترول ومشتقاتة فالغاز

الطبيعى أو الطاقة الشمسية أو الطاقة الكهربائية من المصادر الأقل تلويثا للبيئة مقارنة بغيرها من مصادر الطاقة .

١٣- تحسين توعية الوقود المستخدم فى السيارات وهو البنزين ، وذلك عن طريق التخفيف والتقليل من مادة الكبريت ومركبات الرصاص المضافة إلى البنزين.

١٤- ولقد وجد أن أنسب مادة تحل محل مركبات الرصاص هى مادة ميثيل ثلاثى بيتويل الأيثير. ولقد زاد الإهتمام الآن باستخدام الغاز الطبيعى كوقود بديل عن البنزين فى السيارات والشاحنات بجمهورية مصر العربية. كما يتم إستخدام الطاقة الكهربائية فى تسيير بعض القطارات مثل مترو الأنفاق الذى يمتد لمسافات طويلة داخل مدن القاهرة ومركبات الترام (التروللى باص) وغيرها.

١٥- مكافحة السلوكيات الخاطئة وذلك عن طريق تجريم حرق المخلفات والقمامة ، لما تحويه من مواد تنتج عن حرقها غازات وأدخنة تلوث البيئة وتضر بصحة الإنسان مع التوعية بكيفية التخلص من هذة النفايات بوسائل علمية سليمة ، مثل تحويل القمامة إلى سماد عضوى.

١٦- عدم إستخدام وسائل التدفئة التى تعتمد على الفحم أو الحطب وبخاصة فى الأماكن المغلقة.

١٧- عدم إستخدام الأساليب الخاطئة عند رش المبيدات الحشرية القاتلة للحشرات وعدم التعرض أو إستنشاق رذاذ هذة المبيدات.

١٨- منع تسيير أى مركبة فى الطريق العام ينبعث منها دخان أو رائحة كريهة أو يتطاير من حمولتها أو يسيل منها مواد قابلة للإشتعال ، أو مضرة بالصحة.

١٩- تطوير المسابك لخفض كمية الإنبعاثات منها.

٢٠- الإستمرار في برنامج التشجير الواسع النطاق حول المدن الكبرى.

إن العمليات المستخدمة لإزالة ملوثات الهواء والتحكم بها متعددة وكثيرة ، من هذه العمليات ما يلى :-

١- التحكم بالدقائق Particulates

سبق أن ذكرنا أن الدقائق هي أحد الملوثات الرئيسية في الهـواء ، وهـي عبارة عن جسيمات دقيقة عالقة بالهواء ، تشمل الأتربة وجسيمات في الـدخان ، والرذاذ والندي. ويمكن إستخدام الأجهزة التالية للتحكم بالدقائق العالقة في الهـواء الملوث :-

أ- مرشحات الهواء Air Filters

وهي أجهزة إزالة التركيزات القليلة من الأتربة العالقة بـالهواء الملـوث أو الهواء الذي يتحرك داخل مبني. وينبغي أن تكون سرعة الهواء الملوث منخفـضة عبر المرشح حتي يتسني ترسيب معظم الجسيمات العالقة.

ب- السيكلون Cyclone

جهاز يستخدم صناعيا لإزالة الجسيمات العالقة بالهواء أو الغـازات ويقـوم بتنظيف الهواء من الجسيمات الصلبة ويعتمد تشغيله علي قوي الطرد المركزيـة. وهو يستخدم لإزالة أنواع الدقائق كافة , الصغيرة للغاية والمتوسـطة والكبيـرة. ويتكون السيكلون من وعاء مخروطي يضخ فيه الهواء الملوث من أعلي ، حيـث ترسب الدقائق وتستقر في القاع ويعود الهواء للخروج من فتحة أخري في أعلـي الجهاز.

جـ - المرسب الديناميكي Dynamic Precipitator

يضخ الهواء الملوث الي المرسب الديناميكي الذي يحركه بحركة دورانيـة بواسطة قلاب علي هيئة ريش. وتسبب هذه القوة سحب الهواء المحمل بالـدقائق بسرعة كبيرة ، ودورانه بزاوية 90° ، مما يجعل المواد العالقة تترسب.

د- مجمعات العوالق المبللة Wet Collectors

يضخ الهواء الملوث من أسفل برج ويدخل الماء من فتحات ضيقة علي شكل رذاذ من أعلي. ويقوم رذاذ الماء بتصيد الدقائق العالقة في الهواء الملوث بحيـث تزال تدريجيا.

هـ - المرسب الإلكتروستاتيكي Electrostatic Precipitator

يضخ الهواء الملوث إلي جهاز مشحون بقوة كهربائية كبيرة وتعمل علي شحن الدقائق ، فيقوم قطب باجتذاب الدقائق المشحونة إليه ، فيتخلص منها الهواء.

٢- التحكم فى ثاني أكسيد الكبريت

يتم التحكم فى ثاني أكسيد الكبريت الملوث للهواء والناتج من حرق الوقود ، بعدة طرق ، أهمها :-

الحقن بالحجر الجير حيث يضخ الهواء الملوث بثاني أكسيد الكبريت إلي فرن يتم فيه تحويل الحجر الجيري إلي جير حي ويتفاعل الجير الحي مع ثاني أكسيد الكبريت مكونا كبريتات وكبريتيت الكالسيوم. يوجه الهواء المحمل بالدقائق وغيرها إلي برج غسيل حيث يتم غسله بالماء وتخليصه من هذه الملوثات ليصبح هواء نظيفا يطلق من المدخنة.

٣- التحكم فى أكاسيد النيتروجين

يمكن التحكم فى أكاسيد النيتروجين بطريقتين :-

أ- الإختزال باستخدام الغاز الطبيعي

يضخ الهواء الملوث بأكاسيد النيتروجين مع الغاز الطبيعي إلي جهاز تفاعل يحوي عامل حفاز مثل البلاتين. يشعل الخليط ويقوم الغاز الطبيعي باختزال أكاسيد النيتروجين وتحوليها إلي نيتروجين وبخار ماء. وهذه النواتج يمكن إطلاقها في الهواء الجوي بلا خوف.

ب- إستخدام هيدروكسيد الماغنسيوم في أبراج الغسيل

يضخ الهواء الملوث بأكاسيد النيتروجين والكبريت إلي برج غسيل حيث يدخل من أعلي البرج محلول لهيدروكسيد الماغنسيوم ، ويخرج الهواء النظيف من أعلي البرج. ويسحب المحلول إلي جهاز ترسيب حيث يرسب كبرتيت الماغنسيوم ويحول إلى حمض كبريتيك أما نيتريت الماغنسيوم الذي تكون من تفاعل أكاسيد النيتروجين مع هيدروكسيد الماغنسيوم فيمكن تحويله إلي حمض النيتريك الذي يعادل بواسطة الأمونيا لإنتاج نترات الأمونيوم التي يمكن بيعها.

٤- التحكم فى أول أكسيد الكربون

يضخ الهواء الملوث بأول أكسيد الكربون إلي مفاعل حيث يزود بالأوكسجين اللازم لأكسدة أول أكسيد الكربون بشكل تام إلي ثاني أكسيد الكربون.

٥- التحكم في عوادم المركبات

تعتبر عوادم المركبات من مصادر تلوث الهواء الرئيسية. فحوالي 45% من الغازات الحارة الناتجة عن محركات الديزل ، تنبعث من العوادم ، بينما تصل هذه النسبة إلي 60% في المركبات والسيارات التي تعمل بالبنزين. ولا شك أن التحكم بهذه العوادم والإفادة منها ، يحقق العديد من الميزات منها :-

١- يرفع من الكفاءة الكلية للمركبة.

٢- يقلل من كمية الغازات المنبعثة والملوثة للهواء.

٣- يقلل من إستهلاك الوقود.

٤- يزيد الطاقة الحركية للمركبة.

ويمكن التحكم فى عوادم المركبات بإستخدام محول حفاز. وفى هذا المحول يقوم العامل الحفاز بعمليات أكسدة وإختزال متتابعة ، فيزود بالأوكسجين كلا من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات في منطقة التركيزات العالية. وتجري عملية الإختزال في منطقة التركيزات المنخفضة ، فتساعد علي التخلص من أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات. وفي نهاية أنبوب العادم يتم تركيب المحول الحفاز مع صمام أمان ، بحيث تخلط غازات العادم مع الهواء وتدخل إلي المحول الحفاز لإحداث التحول الكيميائي المنشود.

٤- الحد من الضوضاء

١- وضع قيود بالنسبة للحد الأقصى للضوضاء الناجمة عن السيارات بأنواعها والمسموح بها في شوارع المدن كما هو متبع في بعض الدول المتقدمة.

٢- تطبيق نظام منح شهادة ضوضاء للطائرات الجديدة.

٣- مراعاة إنشاء المطارات الجديدة وخاصة للطائرات الأسرع من الصوت بعيداً عن المدن بمسافة كافية.

٤- عدم منح رخص للمصانع التي تصدر ضوضاء لتقام داخل المناطق السكنية ويكون هناك مناطق صناعية خارج المدن.

٥- الإعتناء بالتشجير وخاصة في الشوارع المزدحمة بوسائل المواصلات وكذلك العمل على زيادة مساحة الحدائق والمتنزهات العامة داخل المدن.

٦- وضع قيود بالنسبة للحد الأقصى للضوضاء الناجمة عن السيارات بأنواعها والمسموح بها في شوارع المدن كما هو متبع في بعض الدول المتقدمة.

٧- تطبيق نظام منح شهادة ضوضاء للطائرات الجديدة.

٨- مراعاة إنشاء المطارات الجديدة وخاصة للطائرات الأسرع من الصوت بعيداً عن المدن بمسافة كافية.

٩- عدم منح رخص للمصانع التي تصدر ضوضاء لتقام داخل المناطق السكنية ويكون هناك مناطق صناعية خارج المدن.

١٠- الإهتمام والإعتناء بالتشجير وخاصة في الشوارع المزدحمة بوسائل المواصلات ، وكذلك العمل على زيادة مساحة الحدائق والمتنزهات العامة داخل المدن.

ثانيا: دور الحكومات والعلماء والمؤسسات الصناعية والزراعية والبيئية والأفراد

تعتمد مكافحة التلوث على جهود الحكومات والعلماء والمؤسسات والمصانع والزراعة والمنظمات البيئية والأفراد.

أ- النشاط الحكومي

تعمل الحكومات ـ القومية والمحلية ـ في مختلف أرجاء العالم على التخلص من التلوث الذي يسبب التلف للأرض من يابسة وهواء وماء. وبالإضافة إلى ذلك بذلت جهود دولية عديدة لحماية الموارد الأرضية. وقد سنت العديد من الحكومات المحلية القوانين التي تساعد في تنقية البيئة. وفي بعض مدن العالم

الكبرى وأكثرها تلوثًا وضعت الحكومات المحلية الخطط للحد من التلوث الهوائي. وتشتمل مثل هذه الخطط على خطوات تحد من إستخدام المركبات (السيارات أو العربات) الخصوصية وتشجع النقل الجماعي.

وفي مقدور الحكومات سن القوانين الخاصة بعملية إعادة التدوير (إعادة التصنيع). وإعادة التدوير عملية تهدف إلى إسترداد المواد وإعادة إستخدامها بدلاً من التخلص منها. ففي فيينا بالنمسا مثلاً، يتوجب على المواطنين أن يفرزوا نفاياتهم في حاويات خاصة بالورق والبلاستيك والمعادن وعلب الألومنيوم والزجاج الأبيض والزجاج الملون ومخلفات الطعام والحدائق. وتشجع العديد من الولايات الأمريكية وعدد من الدول الأوروبية على إعادة إستخدام القوارير بفرض تأمين مسترد في حالة إعادة القارورة.

كذلك سنت العديد من الدول تشريعاتها الخاصة بالتخلص من التلوث ، كما أنها تنظم وسائل التخلص من المخلفات الصلبة والخطرة. ولدى العديد من الدول الصناعية وكالات تملك سلطة مراقبة التلوث وفرض التشريعات.

ومن الطرق الفعّالة التي يمكن أن تلجأ إليها الحكومات لمكافحة نوع معين من أنواع التلوث حظر الملوث. فمثلاً ، حظرت بعض الدول إستخدام المبيد الحشري الخطر الـ DTT في كل الأغراض ، عدا الأغراض الأساسية. وقد وجد المزارعون بدائل أقل ضررًا يمكن أن تحل محله.

وقد تحظر حكومة ما بعض الإستخدامات لمادة معينة وتبيح بعضها الآخر. فالرصاص مثلاً ، فلز سام في مقدوره أن يسبب تلف الدماغ والكلى والأعضاء الأخرى. وقد حظرت الولايات المتحدة الأمريكية إستخدام البنزول المرصص والدهانات المنزلية الرصاصية ، ولكنها تسمح باستخدام الرصاص في البطاريات ومواد البناء والدهانات الصناعية. وعلى الرغم من الإستخدام المستمر للرصاص في بعض المنتجات إلا أن القيود على هذا الفلز في الدهانات والوقود قد حدت المشاكل الصحية التي يسببها.

ومن الإستراتيجيات الحكومية التي يمكن أن تساعد في مكافحة التلوث فرض الغرامات على الشركات المسببة للتلوث. ففي أستراليا وعدد من الدول الأوروبية تُفرض الغرامات على المؤسسات التي تلوث مجاري المياه. ومثل هذه الغرامات كفيلة بتشجيع الشركات على الإستثمار في أجهزة مكافحة التلوث أو في تطوير وسائل تشغيل قليلة التلوث. وفي إمكان الحكومات أن تفرض الضرائب على المنتجات الملوثة. فمثلاً ، تفرض معظم الدول الإسكندينافية الضرائب على القوارير غير المسترجعة. وتقضي بعض الأنظمة الحكومية ببساطة أن على المؤسسات أن تُعلِم الجمهور بعدد الملوثات التي تلقي بها إلى البيئة. وقد دفعت هذه الأنظمة بعض الشركات إلى البحث عن طرق تحد بها من التلوث للحيلولة دون أخذ أو تكوين المستهلكين فكرة أو لانطباع سيئ عنهم والإنصراف عن شراء منتجاتهم.

ويصعب التحكم في العديد من أنواع التلوث ، ويرجع السبب في ذلك إلى أن ملكية الموارد العالمية ، أي المحيطات والغلاف الجوي، ليست فردية، ولا تخص أُمّة بعينها. ولابد لسكان العالم من أن تتضافر جهودهم من أجل مكافحة التلوث.

وقد دأب ممثلون عن الكثير من الدول على الإجتماع منذ السبعينيات لمناقشة الطرق الكفيلة بالحد من التلوث الذي يؤثر في ماء وهواء كوكب الأرض. وعقدت هذه الدول المعاهدات والمواثيق التي تساعد في مكافحة مشاكل مثل المطر الحمضي ونقصان طبقة الأوزون وإلقاء المخلفات في المحيطات. ففي الإتفاقية التي أطلق عليها بروتوكول مونتريال حول المواد التي تستنزف طبقة الأوزون والتي عقدت سنة 1989 ، إتفقت الدول المنتجة للكلوروفلوروكربونات على إيقاف إنتاجها لهذه الكيميائيات تدريجيًا. ونص تعديل لهذه الإتفاقية أجري عام 1991 على حظر الكلوروفلوروكربونات حظرًا تامًا بحلول عام 2000. وفي عام 1992 وافقت العديد من الدول الأوروبية على وقف إنتاجها من الكلوروفلوروكربونات قبل ذلك التاريخ ، أي بحلول عام 1996. وقد أوقفت معظم الدول إنتاج الكلوروفلوروكربونات في الموعد المحدد ، وأرجأت بعض الدول تنفيذ القرار إلى

عام 2010. وفي عام 1992 أيضًا إجتمع ممثلون عن 178 دولة في ريودي جانيرو لحضور مؤتمر الأمم المتحدة حول البيئة والتنمية. وقد كان هذا المؤتمر، الذي عُرف بقمة الأرض ، أهم مؤتمر عالمي إنعقد حول البيئة ، حيث وقّع أعضاء الأمم المتحدة على إتفاقيات لمنع تأثير البيت المحمي والحفاظ على الغابات والكائنات المهددة بالإنقراض ومواضيع أخرى.

وفي عام 2001 ، وقّعت 127 دولة على إتفاقية حظر إستخدام 12 من الملوثات العضوية المداومة. وتنتقل هذه المواد الكيميائية ومن بينها مادة الـ DTT بالهواء والماء عبرالدول مهددة الإنسان والحيوان على حد سواء. وحثت الإتفاقية العلماء والشركات الصناعية والحكومية على التقليل من وجود الملوثات العضوية المداومة في البيئة.

ومما سبق يمكن تلخيص دور الحكومة فيما يلى :-

١- وضع السياسات والخطط والإشراف علي تنفيذها.

٢- وضع القوانين والتشريعات ذات الصلة وتطبيقها وإلزام الصناعه والتجارة والزراعة بالإلتزام بها.

٣- تطبيق الإتفاقيات الدولية ذات الصلة.

٤- التوعية علي كافة المستويات بالملوثات العضوية الثابتة ومخاطرها.

٥- بناء القدرات وتبادل المعلومات والخبرات والتدريب.

٦- تشجيع الأبحاث في نظم الإدارة المتكاملة للمبيدات ، لإيجاد بدائل أقل خطورة.

٧- إنشاء المرافق اللازمة للتخلص الأمن من النفايات الخطرة،

٨- حصر للملوثات العضوية الثابتة نوعا ما وتحديد أماكن تواجدها،

٩- التنسيق مع جهات أخري معنية ، محليا ودوليا للإستفادة من المساعدات الفنية والمالية التي تخصصها الدول المانحة لهذا الفرض.

ب- الجهود العلمية

دفع الإهتمام الواسع بالبيئة العلماء والمهندسين إلى البحث عن الحلول التقنية لهذه المسألة. فبعض الأبحاث تحاول إيجاد طرق للتخلص من التلوث ، وبعضها الآخر يهدف إلى منعه. ويعمل العديد من الباحثين الصناعيين على إيجاد المزيد من الطرق الإقتصادية لاستخدام الوقود والمواد الخام الأخرى. ونتيجة لهذه الأبحاث تستخدم بعض المدن الأوروبية حاليًا حرارة المخلفات الناتجة عن محطات القدرة ومحارق النفايات ، في تدفئة البيوت. وتحرق المحركات الحديثة الوقود بطريقة أنظف وأكثر فعالية من المركبات القديمة. كما طور بعض الباحثين سيارات تستخدم وقودًا نظيف الإشتعال مثل الميثانول (وهو مادة كحولية) والغاز الطبيعي. وتستخدم بعض السيارات في البرازيل وقودا من نوع آخر من الكحولات ، وهو الإيثانول. ويعكف العلماء أيضًا على تطوير سيارات تعمل بغاز الهيدروجين ، وهو غاز لا يُصدر أي تلوث إذا ما إشتعل.

ويبحث العلماء والمهندسون في طرق لتوليد الطاقة الكهربائية بتكلفة أقل من الموارد المتجددة مثل الرياح والشمس ، والتي قلما نتج عنها أي تلوث. وتزود حقول واسعة من طواحين الهواء ، تسمى مزارع الريح العديد من الأقطار بالكهرباء ، حيث تُحوّل نبائط تسمى الخلايا الفولتية الضوئية أشعة الشمس مباشرة إلى الكهرباء. ففي مدينة ساكرامنتو بكاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية تنتج محطة قدرة فولتية ضوئية تكفي لإنارة ألف منزل.

ج - المؤسسات والمصانع

إكتشفت العديد من الشركات أن الحد من التلوث أمر مطلوب من المنظور التجاري. فقد وجد بعضها أن الحد من التلوث يحسّن صورتها لدى الجماهير كما أنه يوفر المال. وطور آخرون منتجات أو وسائل لا تشكل خطورة على البيئة، وذلك سعيًا لكسب رضى المستهلكين. كما طور البعض الآخر أنظمة لمكافحة التلوث لاعتقادها بأن القوانين سترغمهم على فعل ذلك، آجلاً أو عاجلاً. وتحد

بعض الشركات من التلوث لأن القائمين على هذه الشركات آثروا أن يفعلوا ذلك.

لقد كان التخلص من المخلفات في الماضي رخيصًا نسبيًا لمعظم المؤسسات. أما اليوم فإن المواقع المصرح بها للتخلص من النفايات أضحت نادرة ، وزادت تكاليف إستخدامها. ونتيجة لذلك إبتدعت العديد من المؤسسات طرقًا لإنتاج أقل قدر ممكن من المخلفات. فمثلاً قد يستخدم المصنعون حدًا أدنى من التغليف ، ومواد تغليفية يمكن إعادة تدويرها، إذ كلما خفّ التغليف قلّ إستهلاك موزعي المنتجات للوقود ، وقلّ ما يلقي به المستهلكون من التغليف في النفايات.

وتتخصص العديد من المؤسسات في أنواع مختلفة من وسائل إدارة التلوث. ويتوقع لأعمال الحد من التلوث ، أو القضاء عليه ، أن تكون واحدة من أسرع الصناعات المستقبلية نموًا. فمثلاً، طورت بعض مؤسسات إدارة التلوث نبائط للتخلص من الهبائيات الضارة المنطلقة من المداخن. فالهبائيات يمكن إحتجازها باستخدام المرشحات ، أو المصائد التي تستخدم الكهرباء الساكنة ، أو نبائط تسمى المغسالات تغسل الهبائيات عن طريق الرش بالكيميائيات. وتساعد مؤسسات أخري الشركات في تنفيذ الأوامر الحكومية من أجل التخلص من التلوث. وتدير بعض المؤسسات برامج إعادة التدوير وحفظ الطاقة. كما تساعد بعض المؤسسات الأخرى في تطوير عمليات تقلل من الملوثات.

وبصرف النظر عن السبب والكيفية التي بدأت فيها الصناعات في التخلص من الملوثات فإنها عملية بطيئة وباهظة التكاليف. وتعتمد العديد من المؤسسات على أرخص طرق الإنتاج المتاحة ، حتى لو كانت هذه الطرق تحمل التلوث في طياتها. فمحطات القدرة ، على سبيل المثال ، تحرق عادة الزيت والفحم لتوليد الكهرباء ، نظرًا لكونها أكثر الطرق ملاءمة من الناحية الاقتصادية. ويستخدم المصنعون الكادميوم والرصاص والزئبق في صناعة البطاريات ، لأن هذه الفلزات ، على الرغم من سميّتها ، تحسن كفاءة البطاريات. وعندما تضاف تكلفة التخلص من التلوث الناتج عن طرق الإنتاج الحالية إلى تكاليف التصنيع ، يتضح أن الطرق

قليلة التلوث هي الأفضل من الناحية الاقتصادية.

د- الزراعة

يطور العلماء والمزارعون طرقًا لتنمية الغذاء تتطلب القليل من الأسمدة والمبيدات. ويستخدم الكثير من المزارعين الدورات الزراعية ، أي المناوبة بين المحاصيل من سنة لأخرى ، لتقليل الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية. فالمناوبة بين الذرة والقمح والمحاصيل الأخرى والبقول ، كفول الصويا ، تساعد في تعويض النيتروجين المفقود من التربة. وتساعد الدورات الزراعية أيضًا في مكافحة الآفات والأمراض الزراعية. ويستخدم بعض المزارعين خليط التسميد والأسمدة الأخرى التي لاتضر التربة. وبدلاً من رش المحاصيل بالمبيدات الضارة يكافح بعض المزارعين الحشرات بإطلاق أنواع من البكتيريا أو الحشرات الأخرى التي تفترس هذه الآفات.

ويعكف العلماء على تطوير نباتات مهندسة وراثيًا ، تقاوم الآفات الزراعية. ويسمى إستخدام الدورات الزراعية واستخدام الأعداء الطبيعيين للآفات معًا المكافحة الطبيعية للآفات. ويطلق على التجميع بين الإستخدام المحدود للمبيدات الحشرية الكيميائية والمكافحة الطبيعية إسم الإدارة المتكاملة لمكافحة التلوث للآفات. ويستخدم الذين يلجأون إلى هذا النوع من المكافحة كميات قليلة من المبيدات الكيميائية ، وحتى هذه الكميات القليلة لا يستخدمونها إلا إذا رأوا أنهم سيحصلون على نتائج جيدة.

ومن أهم النقاط التى يجب أن تهتم بها الجمعيات والمؤسسات الصناعية ما يلى :-

١- الإلتزام بالتشريعات و القوانين البيئية التي تحد من تولد الملوثات العضوية الثابتة.

٢- تطوير بدائل أقل خطورة.

٣- تطبيق مبدأ الإلتزام بالمنتج طوال فترة حياتة والإلتزام بمعالجات مخلفات

منتجاتهم والتخلص الآمن منها.

٤- إتخاذ كافة الوسائل للتاكد أن من يستخدم منتجاتهم يستخدمها بالطريقة الآمنة.

د- المنظمات البيئية

المنظمات البيئية تساعد في مكافحة التلوث عن طريق محاولة التأثير على المشرّعين وإنتخاب القادة السياسيين الذين يولون إهتمامًا بالبيئة. وتقوم بعض الجماعات بجمع الأموال لشراء الأراضي وحمايتها من الإستغلال. وتدرس جماعات أخرى تأثيرات التلوث على البيئة ، وتطور نظمًا لإدارة ومنع التلوث، وتستخدم ما توصلت إليه من نتائج لإقناع الحكومات والصناعات بالعمل على منع التلوث أو الحد منه. وتقوم المنظمات البيئية أيضًا بنشر المجلات والمواد الأخرى لإقناع الناس بضرورة منع التلوث. وتقف جماعة السلام الأخضر وأصدقاء الأرض في طليعة هؤلاء الناشطين.

وقد تشكلت أحزاب سياسية تمثل الإهتمامات البيئية في العديد من الدول الصناعية. ولهذه المنظمات ــ والتي تعرف بأحزاب الخُضْر ــ تأثير متنام على السياسات الحكومية تجاه البيئة. ومن الدول التي توجد فيها مثل هذه الأحزاب أستراليا والنمسا وألمانيا وفنلندا وفرنسا ونيوزيلندا وأسبانيا والسويد.

ومن أهم النقاط التى يجب أن تهتم بها المنظمات البيئية ما يلى :-

١- نشر الوعي عن الملوثات العضوية الثابتة ومخاطرها وطرق الوقاية منها بين جميع فئات المجتمع.

٢- نشر المعلومات وتبادل الخبرات عن البدائل ونظم الإدارة المتكاملة للمبيدات.

٣- الرصد والمراقبة.

٤- إجراء مشروعات تجريبية.

٥- تكوين مجموعات ضغط علي الصناعة والتجارة ومتخذي القرار للإلتزام بتطبيق الإتفاقيات الدولية والتشريعات الوطنية ذات الصلة والحد من إنتاج أو إستخدام أو تولد الملوثات العضوية الثابتة.

هـ - جهود الأفراد

يعتبر حفظ الطاقة من أهم الطرق التي يمكن للفرد أن يتبعها للحد من التلوث. فحفظ الطاقة يحدّ من التلوث الهوائي الناجم عن محطات القدرة. وقد تؤدي قلة الطلب على الزيت والفحم الحجري إلى التقليل من إنسكاب الزيت ، ومن التلف الحاصل للمناطق المشتملة على الفحم الحجري. والتقليل من قيادة السيارات يعد أيضًا أحد أفضل طرق توفير الطاقة وتجنب التلوث الحاصل للهواء.

وفي مقدور الناس توفير الطاقة الكهربائية عن طريق شراء مصابيح الإنارة والأجهزة المنزلية ذات الكفاءة العالية. فمصابيح الفلورسنت ، على سبيل المثال ، تستهلك 25% فقط من الطاقة التي تستهلكها المصابيح المتوهجة. ويمكن أيضًا توفير الطاقة بالتقليل من إستخدام الأجهزة ، وبإطفاء الأجهزة والمصابيح في حالة عدم وجود حاجة إليها ، وبتوقيت ضابط الحرارة المنزلي على 20C° أو أقل في الشتاء، وعلى 26C° أو أكثر في الصيف. وبالإضافة إلى ذلك، تحتاج المباني التي عولجت نوافذها بطريقة خاصة ، وذات العزل الجيد ، إلى قدر من الوقود والكهرباء ــ بغرض التدفئة أو التبريد ــ أقل بكثير من المباني التي تخلو من هذه الميزات.

وفي مقدور الناس أيضًا شراء المنتجات التي لاتشكل خطرًا على البيئة . فبإمكان الأسر، على سبيل المثال، أن تحدّ من التلوث عن طريق تقليل إستخدام المنظفات السامة ، والتخلص الصحيح من هذه المنتجات. فإذا ما إمتنع المستهلكون عن شراء المنتجات الضارة فلسوف يتوقف المصنعون عن إنتاجها.

ومن الطرق الأخرى التي يمكن للناس أن يحدوا بها من التلوث الحد من أكل اللحوم. فالمزارعون يستخدمون كميات كبيرة من الأسمدة لزيادة كمية الحبوب التي تتغذى بها المواشي. ولو أن الناس قللوا من أكل اللحوم وزادوا أكل الحبوب والخضراوات لقلل المزارعون من إستخدامهم للأسمدة والمبيدات. ولا يرضى كثير من الناس من الفاكهة والخضراوات إلا الصحيحة الكاملة ، والخالية من العيوب ، وهذا ما يقدر المزارعون على توفيره دون إستخدام كميات كبيرة

من المبيدات. ولو أن الناس إرتضوا الفاكهة والخضراوات بما فيها من عيوب طفيفة ، لقلل المزارعون إستخدامهم للكيميائيات.

ومن أسهل الطرق التي يمكن للأفراد إتباعها من أجل منع التلوث ، إعادة إستخدام المنتجات. فمثلاً، يستخدم بعض منتجي الألبان القوارير الزجاجية بدلاً عن العبوات الكرتونية الورقية. ويمكن إعادة تعبئة هذه القوارير واستخدامها مرة أخرى. وفي مقدور الناس إعادة إستخدام الأوراق القديمة والحقائب البلاستيكية لحمل مشترياتهم أو وضع النفايات فيها. وبإعادة إستخدام المنتجات يمكن للناس تجنب التلوث المرتبط بإنتاج المزيد من المنتجات والتلوث المتسبب عن رمي المنتج.

والتدوير طريقة أخرى لإعادة إستخدام المواد. فالعديد من المدن والبلدات تنظم عملية تجميع المخلفات من أجل إعادة معالجتها. ويوفر التدوير كلا من المادة والطاقة ويمنع التلوث. وهناك الكثير من المخلفات المتنوعة التي يمكن تدويرها. ومن المخلفات الشائع تدويرها العلب والزجاج والورق والأوعية البلاستيكية والإطارات القديمة. فالعلب يمكن صهرها واستخدامها في تصنيع علب جديدة. والزجاج يمكن سحقه وتصنيع أوعية جديدة منه أو إستخدامه في مواد البناء. والورق يمكن معالجته إلى منتجات ورقية مختلفة. ويمكن صهر البلاستيك وإعادة تشكيله إلى سياج أو ألواح أو مناضد أو سجاد. أما الإطارات القديمة فيمكن حرقها لإنتاج الطاقة ، أو تقطيعها وإضافتها إلى الأسفلت أو صهرها وتصنيعها أو قولبتها إلى منتجات مثل الحصائر الأرضية ومعدات الملاعب.

وأهم الطرق التي يمكن للناس أن يكافحوا بها التلوث أن يتعلموا قدر استطاعتهم كيف يمكن لنشاطاتهم أن تؤثر على البيئة. وفي مقدورهم بعد ذلك، أن يلجأوا إلى خيارات ذكية ، للتقليل من الدمار الحاصل الناتج عن التلوث البيئى.

ولقد صدق من قال إن الإنسان بدأ حياته على الأرض وهو يحـــاول أن يحمي نفسه من غوائل الطبيعية وانتهي به الأمر بعد آلاف السنين وهو يحـــاول أن يحمى الطبيعة من نفسه. وعلى ذلك يجب إتباع الأنظمة التالية للتقليـــل مـــن التلوث البيئي :-

١- التخطيط العمراني والبيئي السليم للمدن والقرى ، بما في ذلك إنشاء شبكات للصرف الصحي ، وشق الطرق الواسعه لتفادي الإختناقات المروريه ، وتخصيص مناطق صناعية بعيدة عن المناطق السكنية .

٢- الرقابة على المنشأت الصناعية والزراعية وأية مصادر أخرى للتلوث ، وإلزام تلك المنشآت والمصادر بإتباع أساليب ونظم الإنتاج النظيف وبعدم السماح بتسرب ملوثات الهواء للبيئة المحيطة بما يتعدى الحدود المسموح بها.

٣- الرقابة على المواد المستنزفة لطبقة الأوزون مثل الإيروسولات والكلوروفلوروكربون وأكاسيد النتروجين وغيرها.

٤- التخلص السليم من النفايات الصلبة والسائلة ، وبالتالي الحد من الإنبعاثات الغازية الضارة التي قد تنجم عن دفن النفايات أو حرقها أو معالجتها وإعادة تدويرها.

٥- التقليل من إستخدام مبيدات الآفات في الأغراض الزراعية وفي مكافحة الحشرات والقوارض في المناطق السكنية ، واستخدام بدائل أقل ضررا على الصحة العامة والبيئة.

٦- التوسع في زراعة الحدائق والمتنزهات والأشجار والشجيرات والمسطحات الخضراء داخل المدن وخارجها لما لها من دور هام في تنقية الهواء من الملوثات العالقة به، وفي تحسين وتجميل البيئة والوسط المحيط.

٧- نشر الوعي البيئي لدى أفراد المجتمع وحثهم على التعاون مع البلديات وغيرها من الجهات الحكوميه وغير الحكومية المعنية من أجل المحافظة علـــى سلامة الهواء ونقائـــــــــه. فالهواء النقي يعني بيئة سليمة ، والبيئة الـــسليمة تعني صحه سليمة لنا ولأجيالنا القادمه.

ثالثا: الجهود المبذولة للحفاظ على الأنواع من الإنقراض

١ – إتفاقية السايتس

إتفاقية السايتس (CITES) هي إختصار للإسم المطـول: إتفاقيـة الإتجـار الـدولي بالحيوانـات والنباتـات المهـددة بـالإنقراض (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) وهي عبارة عن إتفاق دولي بين الحكومات. تهدف هذه الإتفاقية إلى وضع الضمانات اللازمة لعدم تهديد التجارة الدولية في هذه الأنواع لحياتها وبقائها. وفي الوقت الذي تبلورت فيه أولى الأفكار الخاصة بالإتفاقية في عقد الستينات. كـان النقاش الدولي حول تنظيم تجارة أنواع الحياة الفطرية بهدف الحفاظ عليها ظـاهرة جديدة نسبياً. ومع ذلك الإدراك المتأخر فقد كانت الحاجة للإتفاقية بديهية. وتُشـير التقديرات إلى أن العائد السنوي لتجارة أنواع الحياة الفطرية يصل إلـى مليـارات الدولارات ، وأن هذه التجارة تشمل مئات الملايين من أنواع النباتات والحيوانات. وتتسم هذه التجارة بالتنوع وأنها تمتد من الحيوانات والنباتات إلى أنواع شتى مـن المنتجات الجانبية المشتقة منها بما في ذلك المنتجات الغذائيـة والجلديـة والآلات الموسيقية الخشبية ، والتحف السياحية والأدوية. وبالنظر إلـى إرتفـاع معـدلات التجارة في بعض أنواع الحيوانات والنباتات واستغلالها إضافة إلى عوامل أخـرى منها فقدان الموطن الطبيعي وغيرها ، فإنه من الممكن أن تؤدي كل هذه الأسـباب إلى حدوث إنحسار كبير في أعدادها بل وإلى التهديد بانقراض بعضـها. ومـع أن معظم الأنواع التي تتم التجارة فيها ليست مهددة بالإنقراض ، إلا أن وجود إتفاقيـة تضمن إستمرار هذه التجارة يُعدّ أمراً حيوياً بهدف حماية هذه الموارد الطبيعية في المستقبل. ولما كانت التجارة في النباتات والحيوانات تتم عبر الحدود بـين الـدول بطبيعتها ، فإن الجهود الخاصة بتنظيمها تتطلب تعاوناً دولياً بغرض ضمان عـدم تعرّض أنواع معينة فيها للإستغلال المفرط. وعليه فقد جاءت إتفاقية الـ CITES معبرة عن روح التعاون هذه ، فهي اليوم تقدم درجات متباينة من حماية ما يربـو على الـ 30 ألف نوع من النباتات والحيوانات (حوالي 5000 نوع مـن أنـواع

الحيوانات و 25000 نوع من النباتات) سواء تم الإتجار بها باعتبارها أنواعاً حية أو كانت فروا أو أعشاباً مجففة.

ومن الناحية الفنية فقد صيغت مسودة لإتفاقية CITES نتيجة لتبني قرار في عام 1963 لأعضاء الإتحاد الدولي لحماية البيئة IUCN ، ثم الإتفاق على نص الإتفاقية في نهاية الأمر داخل إجتماع ضمّ مندوبي 80 دولة عُقد في 3 مارس 1973 بالعاصمة الأمريكية واشنطن. دخلت هذه الإتفاقية إلى حيز التنفيذ إعتباراً من أول يوليو 1975. والسايتس عبارة عن إتفاقية دولية تتبناها الدول طواعية. وعلى الرغم من أنّ الإتفاقية تعد ملزمة من الناحية القانونية للدول الأطراف (الدول الموقعة) , أي بعبارة أخرى تلزم الدول المعنية بتطبيقها , إلا أنها لا تحل محلّ القوانين الوطنية المحلية المتعلقة بهذه الموضوعات. وبدلاً عن ذلك توفر الإتفاقية إطاراً يجب إحترامه من جميع الأطراف التي عليها أن تتبنى تشريعاتها المحلية الخاصة والكفيلة بتوفير الضمانات اللازمة بتطبيق إتفاقية CITES على المستوى القومي أو الوطني.

ومنذ أن دخلت إتفاقية CITES إلى حيز التنفيذ منذ سنوات , لم يحدث أن تعرّض نوع من الأنواع للإنقراض بسبب التجارة ، وذلك بالنظر إلى ما تقدمه الإتفاقية من حماية لتلك الأنواع. وتتمتع الإتفاقية اليوم بعضوية 162 دولة , مما جعل منها أكبر إتفاقية دولية على الإطلاق لحماية الحياة الفطرية. مبدأ عمل إتفاقية CITES طريقة عمل السايتس تتم وفقاً لإخضاع التجارة الدولية لدرجة معينة من السيطرة وذلك في أنواع حيوية معينة مختارة. وتتطلب هذه السيطرة تقنين كافة عمليات الإستيراد والتصدير وإعادة التصدير الخاصة.بالتنوع الهائل لتلك الأنواع التي تغطيها نصوص إتفاقية CITES عبر نظام للترخيص.

والجدير بالذكر أن هناك منظمات عالمية معروفة دولياً تعمل من أجل ضمان عمل السايتس على مستوى العالم وهي الإنتربول ، منظمة الجمارك العالمية ، برنامج الأمم المتحدة للبيئة ، ومنظمات أخرى غير حكومية. كما تتعاون CITES

بشكل مباشر مع عدد معين من الإتفاقيات ، منها إتفاقية التنوع البيولوجي CBD ، إتفاقية بازل BASEL ، رامسار Ramsar ، إتفاقية الأنـــواع المهـــاجرة CMS، الإتفاقية الدولية لتنظيم صيد الحيتان. وقد يطال هذا التعاون نواح مشتركة من العمل كالتدريب على العمل في الجمارك المشتركة ، والتوفيق بين التشريعات. أما الأنواع التي تغطيها إتفاقية CITES فقد أعدت بها قوائم أدرجت في ثلاثة مـــن ملاحـــق الإتفاقية بحسب درجة الحماية التي يتطلبها أي نوع. الملحق الأول يتضمن الأنواع المهددة بالإنقراض ، ولا يسمح بممارسة التجارة في هذه الأنواع إلا في ظـــروف إستثنائية. وهي تضم حوالي 600 نوع حيوان ، وما يقـــارب 300 نـــوع نبـــات. والملحق الثاني يتضمن أنواعاً ليست مهددة بالإنقراض بالضرورة ، إلا أنه يجـــب فرض قيود على الإتجار بها بهدف تفادي الإستخدام غير الملائم لبقائها وتضم أكثر من 1400 نوع حيوان وأكثر من 22000 نوع من النباتات. والملحق الثالث يشمل أنواعاً تتمتع بالحماية في بلد معين ، لكنه يتطلب مساعدة الدول الأخرى الأطراف في إتفاقية CITES في ضبط التجارة بهذه الأنواع وتضم حوالي 270 نوع حيوان و 7 أنواع من النباتات حيث أن بعض الدول قد تطلب أن يكون هذا الصنف مُهدّداً بالإنقراض عندها، ولكنه موجود في دول أخرى.

٢ – "سفينة نوح مجمدة" لإنقاذ الحيوانات المهددة بالإنقراض

أنشئ في بريطانيا بنك للأنسجة لتخزين المواد الوراثيـــة لآلاف الحيوانـــات المهددة بالإنقراض. وسيقوم البنك، الذي أطلق عليه إسم "سفينة نـــوح المجمـــدة" ، بالحفاظ على "شفرات الحياة" لهذه الحيوانات حتى بعد إنقراضها. وســـيمكن ذلـــك الأجيال القادمة من العلماء من فهم المخلوقات التي إنقرضت منذ وقت طويل ، وقد يساعد أيضا في البرامج المستقبلية للحفاظ على الحيوانات التـــي يتهـــددها خطـــر الإنقراض. ويحظى هذا المشروع بدعم كل من متحف التاريخ الطبيعـــي وجمعيـــة علوم الحيوان في لندن وجامعة نوتنجهام.

في مراحل مشروع سفينة نوح المجمدة يأخذ العلماء حشرات كاملة أو عينات صغيرة من أنسجة الحيوانات حتى لا تهدد حياتها ويمكن تجميد الأنسجة لحفظهـــا. يتم إستخلاص DNA من عينات الأنسجة، سواء بعد أخذ العينة مباشـــرة أو بعـــد تجميدها. ويمكن إستخدام DNA لأغراض البحث ، التي قد تفضي في أحد الأيـــام لإستنساخ كائنات منقرضة. ترسل بعض عينات DNA إلى معامل أخرى كتـــأمين ضد الضرر أو الفقد. كما يمكن تجميد DNA غير المستخدم لفترة قد تمتـــد لآلاف السنين. ويهدف مشروع "سفينة نوح المجمدة" إلى تخزين نسخة "إحتياطيـــة" مـــن الشفرة الوراثية لكثير من الكائنات قبل إنقراضها. تخزن هذه الشفرات الوراثية في قاعدة بيانات ، يمكن الرجوع إليها في المستقبل بغرض المعرفـــة. ومـــن الناحيـــة العملية، سيستلزم ذلك عملا دؤبا لاستخلاص عينات الأنسجة من الكائنـــات التـــي يتهددها خطر الإنقراض. ومع الحيوانات الكبيرة الحجم ، فقد يتضمن ذلك أخذ قطع صغيرة من الجلد بينما يخضع الحيوان للتخدير. أما مع الكائنات الـــصغيرة مثـــل الحشرات ، فقد يستلزم ذلك الإحتفاظ بالكائن بأكمله. وبعد ذلـــك ســـتنقل عينـــات الأنسجة إلى معمل سفينة نوح المجمدة (التي سيوزع عدد منها في أنحاء مختلفة من الكرة الأرضية وتخزن في درجات حرارة شديدة الإنخفاض. وإذا سارت الأمـــور كما هو مخطط، فإن عينات الحامض النووي الريبوزي DNA الذي يحوي الشفرة الوراثية قد يظل سليما لعشرات الآلاف من السنين أو أكثر. يقـــول أحـــد العلمـــاء المشرفين على المشروع من المعروف أن DNA يدوم مائة ألف عام عندما يخضع للحفظ في الطبيعة. لكن في ظل ظروف تخزين مثالية قد نتمكن من الحفاظ علـــى العينات لفترة أطول من ذلك. وسيكون حصان البحر الأصفر والمهاة محدبة القرنين وحلزونات بارتولا أول كائنات يتهددها خطر الإنقراض تدخل مشروع سفينة نوح المجمدة، بتكلفة تبلغ 200 جنيه إسترليني للصنف الواحد. ويأمل المشروع أن يتمكن من تخزين عينات آلاف من أصناف الكائنات الأخرى ، بدءا من الثدييات والطيور حتى الحشرات والزواحف. وستعطى الأولوية للكائنـــات التـــي يتهـــددها خطـــر

الإنقراض في غضون الأعوام الخمس القادمة. كما حرص منظمو المشروع على الإشارة إلى أنه لن يقتصر على الحيوانات الأليفة والمستأنسة.

الهدف الرئيسي في الوقت الحالي ل"بنك المعلومات الوراثي" هذا هو التأكد من الإحتفاظ بسجل للشفرات الوراثية للكائنات المنقرضة. وما ستستخدم فيه سيصب في مصلحة الأجيال القادمة. قال أحد منظموا المشروع "يشكل هذا المشروع أداة ضرورية قد تمكنا من دراسة تتابعات الحمض النووي الريبوزي (DNA) للحيوانات المنقرضة في المستقبل." وأضاف "لو كان مشروع سفينة نوح المجمدة موجودا في مطلع القرن العشرين لتسنى لنا دراسة حيوانات مثل نمر تسمانيا وتزويدنا بمعلومات قيمة عن العلاقات الوراثية والتطور. ولا يعلم أحد أين سترسو سفينة نوح المجمدة في النهاية ، لكن بينما تخوض بأرشيفها الثمين عباب المستقبل ، فإن الإحتمالات تبدو مثيرة.

٣- المحميات الطبيعية

وهي مناطق جغرافية تؤمن لها الحكومة الحماية والدعم. بدأت تظهر مع بدايات القرن العشرين ولها أهمية كبيرة في الحفاظ على الأنواع و التنوع الحيوي. وقد كانت حديقة يلوستون القومية في الولايات المتحدة الأمريكية أول حديقة قومية في العالم. وهناك اليوم في مختلف أنحاء العالم مناطق ريفية أفردت كمحميات للحياة البرية. فالنباتات والحيوانات في هذه المناطق محمية قدر الإمكان من القناصة الآدميين وهواة التجميع. كما يحظر على المستثمرين وشركات البناء تشييد المباني فيها. إن بعض هذه المحميات شاسع يشمل آلاف الكيلو مترات المربعة وبعضها الآخر لايتجاوز قطع أرض صغيرة لم تطلها يد التطور الحضري بعد.

رابعا: الإنسان في مواجهة التحديات البيئية

الإنسان أحد الكائنات الحية التي تعيش على الأرض ، وهو يحتاج إلى أوكسجين لتنفسه للقيام بعملياته الحيوية ، وكما يحتاج إلى مورد مستمر من الطاقة التي يستخلصها من غذائه العضوي الذي لا يستطيع الحصول عليه إلا من كائنات

حية أخرى نباتية وحيوانية ، ويحتاج أيضاً إلى الماء الصالح للشرب لجزء هـام يمكنه من الاتسمرار في الحياة.

وتعتمد إستمرارية حيات الإنسان بصورة واضحة على إيجاد حلول عاجلـة للعديد من المشكلات البيئية الرئيسية التي من أبرزها مشكلات ثلاث يمكن تلخيصها فيما يلي :-

أ- كيفية الوصول إلى مصادر كافية للغذاء لتوفير الطاقة لأعداده المتزايدة.

ب- كيفية التخلص من حجم فضلاته المتزايدة وتحسين الوسائل التـي يجـب التوصل إليها للتخلص من نفاياته المتعددة ، وخاصة النفايات غير القابلة للتحلل.

جـ - كيفية التوصل إلى المعدل المناسب للنمو السكاني، حتى يكون هناك توازن بين عدد السكان والوسط البيئي.

ومن الثابت أن مصير الإنسان ، مرتبط بالتوازنات البيولوجية وبالسلاسل الغذائية التي تحتويها النظم البيئية ، وأن أي إخلال بهذه التوازانات والسلاسل ينعكس مباشرة على حياة الإنسان ولهذا فإن نفع الإنسان يكمن في المحافظة على سلامة النظم البيئية التي يؤمن له حياة أفضل. ونذكر فيما يلي وسائل تحقيق ذلك :-

١- الإدارة الجيدة للغابات لكي تبقى الغابات على إنتاجيتها ومميزاتها.

٢- الإدارة الجيدة للمراعي : فمن الضروري المحافظة على المراعي الطبيعية ومنع تدهورها وبذلك يوضع نظام صالح لإستعمالاتها.

٣- الإدارة الجيدة للأراضي الزراعية : تستهدف الإدارة الحكيمة للأراضي الزراعية الحصول على أفضل عائد كما ونوعاً مع المحافظة على خصوبة التربة وعلى التوازنات البيولوجية الضرورية لسلامة النظم الزراعية. ويمكن تحقيق ذلك بما يلى :-

أ- تعدد المحاصيل في دورة زراعية متوازنة.

ب- تخصيب الأراضي الزراعية.

جـ – تحسين التربة بإضافة المادة العضوية.

د– مكافحة إنجراف التربة.

٤– مكافحة تلوث البيئة: نظراً لأهمية تلوث البيئة بالنسبة لكل إنسان فإن من الواجب تشجيع البحوث العلمية بمكافحة التلوث بشتى أشكاله.

٥– التعاون البناء بين القائمين على المشروعات وعلماء البيئة : إن أي مشروع نقوم به يجب أن يأخذ بعين الإعتبار إحترام الطبيعة ، ولهذا يجب أن يدرس كل مشروع يستهدف إستثمار البيئة بواسطة المختصين وفريق من الباحثين في الفروع الأساسية التي تهتم بدراسة البيئة الطبيعية ، حتى يقرروا معاً التغييرات المتوقع حدوثها عندما يتم المشروع ، فيعملوا معاً على التخفيف من التأثيرات السلبية المحتملة. ويجب أن تظل الصلة بين المختصين والباحثين قائمة لمعالجة ما قد يظهر من مشكلات جديدة.

٦– تنمية الوعي البيئي : تحتاج البشرية إلى أخلاق إجتماعية عصرية ترتبط باحترام البيئة ، ولا يمكن أن نصل إلى هذه الأخلاق إلا بعد توعية حيوية توضح للإنسان مدى إرتباطه بالبيئة و تعلمه أن حقوقه في البيئة يقابلها دائماً واجبات نحو البيئة ، فليست هناك حقوق دون واجبات.

وأخيراً مما تقدم يتبين أن هناك علاقة إعتمادية داخلية بين الإنسان وبيئته فهو يتأثر ويؤثر عليها. وعلي ذلك يبدو جلياً أن مصلحة الإنسان الفرد أو المجموعة تكمن في تواجده ضمن بيئة سليمة لكي يستمر في حياة صحية سليمة.

المراجــع

المراجع العربية

١- أحمد السيد الخطيب (٢٠٠٦). تلوث المياة - كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية.

٢- أحمد فؤاد النجعاوى (٢٠٠٠). تكنولوجيا معالجة الماء والصرف الصناعى - منشأة المعارف.

٣- السيد أحمد الخطيب (٢٠٠١). تلوث الأراضى - كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية.

٤- حسين العروسى (١٩٩٧). الماء والحياة - مكتبة المعارف الحديثة .

٥- رانيه كولاس (١٩٨١). تلوث المياة ، ترجمة محمد يعقوب - منشورات عويدات - بيروت - باريس.

٦- فرج محمد على (٢٠٠٤) الهندسة الصحية - إختبارات ومواصفات المياة - دار الكتاب الحديث.

٧- سعد زكى محمود وعبد الوهاب عبد الحافظ ومحمد الصاوى مبارك (١٩٩٧). ميكروبيولوجيا الاراضى - مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة.

٨- سمير المنهراوى وعزة حافظ (١٩٩٧). المياه العذبة - الدار العربية للنشر والتوزيع.

٩- حسن أحمد شحاتة (٢٠٠٢). تلوث الهواء القاتل الصامت - مكتبة الدار العربية للكتاب.

١٠- عادل محمد المصري (٢٠٠٣). النشوء والتطور في الكائنات الحية . منشأة المعارف - الإسكندرية.

١١- عادل محمد المصرى (٢٠٠٨). وراثة وتأقلم العشائر الطبيعية. منشأة المعارف - الإسكندرية.

١٢- عادل محمد المصري (٢٠٠٨). الوراثة البيولوجية. منشأة المعارف - الإسكندرية.

١٣- عادل محمد المصري (٢٠٠٩). الوراثة السيتولوجية. دار الكتاب الحديث- القاهرة.

١٤- عادل محمد المصري (٢٠٠٩). الوراثة والتطور البيولوجى. دار الكتاب الحديث. القاهرة.

١٥- عادل محمد المصري (٢٠٠٣). التشوهات والأمراض الوراثية فى الإنسان. منشأة المعارف - الإسكندرية.

١٦- عادل محمد المصري (٢٠١٠). بيولوجيا الخلية. دار الكتاب الحديث- القاهرة.

١٧- عبد المنعم بلبع وماهر جورجى نسيم (١٩٩٥). الزراعة بدون أرض - تقنيات الغشاء المغذى - منشأة المعارف.

١٨- عبد المنعم بلبع وسيد خليل عطا (١٩٩٧). الماء - مأذق ومواجهات - منشأة المعارف.

١٩- عصام الدين حناوى (١٩٧٨). التشريعات الخاصة بحماية البيئة – كتاب الإنسان والبيئة – إصدار المنظمة العربية للتربية والعلوم والثقافة.

٢٠- ماهر جورجى نسيم (٢٠٠١). علم الأراضى – أساسيات وإدارة – منشأة المعارف.

٢١- ماهر جورجى نسيم (٢٠٠٧). تحليل وتقويم جودة المياة – منشأة المعارف.

٢٢- ماهر جورجى نسيم (٢٠٠٧). تلوث الأرض والماء والهواء – منشأة المعارف.

٢٣- محمد السيد أرناؤوط (١٩٩٩). الإنسان وتلوث البيئة. الطبعة الثانية. الهيئة العامة للكتاب.

٢٤- محمد نجيب أبوسعدة (٢٠٠٣). التلوث البيئى ودور الكائنات الدقيقة إيجابا وسلبا – دار الفكر العربى .

٢٥- مصطفى كمال أبو الدهب (١٩٦٥). البكتيريا. دار المعارف.

٢٦- نورى طاهر الطيب وبشير محمود جرار (١٩٨٨). قياس التلوث البيئى – دار المريخ (المملكة العربية السعودية) – الرياض.

المراجع الأجنبية

Al- Ayoubi Dujana, Y., 2004a .Mutation effect of mercuric chloride in *Drosophila melanogaster*. J.Agric.Res.Tanta Univ., 30 (1) : 70-78.

Al- Ayoubi Dujana, Y., 2004b. Toxicity of some heavy metals to *Drosophila melanogaster* . J. Agric. Res. Tanta Univ., 30 (1) : 79-96.

Al- Ayoubi Dujana, Y.,2004c. Effects of some industrial waste effluents on population fitness in *Drosophila melanogaster*. J. Agric. Res. Tanta Univ., 30 (2) : 376-386.

Al Ayoubi Dujana, y., 2004. Cytogenetic effects of saw and treated liquid effluents in *Vicia faba*.

American Works Association . 1971. Water quality treatment, McGraw – Hill, New York.

Bhunya, S.P., and P,C, Pati,1988. Genotoxic effects of a synthetic pyrethroid insecticide , cypermethrin in mice *in vivo*. Toxical-lett. Amesterdam, Elsevier Science Publishers. V, 3 : 223-230.

Brady, N.C.1990. The nature and properties of soils, Tenth edition – Macmillan Publishing Company, New York.

Brewen,J,G, and R,J, Preston.1974.Cytogenetic effect of environmental mutagens in mammalian cells and the extrapolation to man. Mutant. Res., 26 : 297-300.

De Hondt, H,A., M,L, Fahmy and K,B, Abd El-Aziz, 1983. Effects of the organo phosphorus insecticide, DC702, and its components, Dursban and Dimilin on Rat (*Rattus norvegicus*).Pro.Int.Env.Haz.Agrochem., 1 : 639-658.

Eamb, James C.1985. Water quality and its control. John Wiley & Sons, Inc.

Edwards, C.A. 1978 Pesticides and the micro – Faune of soil and water " PP. 603-22 in I.R. Hill and S.J. Wright (Eds.), Pesticide Microbiology (London : Academic Press).

Finney, E.E. 1987. Impacts on soils related to industrial activities and accidental soil pollution. P. 259 – 280. In H.Barth and P.L. Hermite (ed.) scientific basis for soil protection in the European community. EI.Sevier Applied Sciences, London.

Krueger, R.F. and J.N. Seiber (Eds.). 1984. Treatment and disposal of pesticide wastes. Washington , DC. Amer. Chem.Soc.

Lagerwerff, J.V., and A.W. Specht. 1970. Contamination of roadside soil and vegetation with cadmium nickel, lead and Zinc, Environ. Sci. Tech., 4 : 583 – 86.

Masry, A.M., 1981. The evolutionary changes of the population structure .1. Seasonal changes in the frequencies of chromosomal inversions in natural populations of *Drosophila melengaster*. Egypt . J. Genet . Cytol., 10 : 261-274.

Masry, A.M. 1986. The evolutionary changes of the population structure. VI. Changes in the structure of Nile – Delta populations of *Drosophila melenogaster*. Egypt.J. Genet. Cytol., 15: 107-117.

Masry, A.M. 1987, The evolutionary changes of the population structure. IX. Genetic effects of inorganic mercury compounds in *Drosophila meanogaster*. Egypt. J. Genet. Cytol.,16 : 325-329.

Masry A.M., 1986. The evolutionary changes of the population structure. VII. The effects of some pesticides on genetic structure of *Drosophila melanogaster*. Egypt. J. Genet. Cytol., 15 : 125-132.

Masry, A.M., Abd Alla, S.A., and Megeed, M.S., 1985. The evolutionary changes of the population structure. V.Genetic differentiation between some Egyptian populations of *Drosophila melenogaster*. Egypt .J. Genet. Cytol., 14 : 133-142.

Masry, A.M., E.Badr, F. Borai and S.I. Mohamed 1983. The evolutionary changes of the population structure. II. The use of the insecticides and the changes of the population structure of *Drosophila* *melanogaster* and *D. simulans*. Egypt. J. Genet. Cytol., 12 : 155-176.

Masry, A.M., Badr, E., Borai, F., and Mohamed, S.I., 1984. The evolutionary changes of the population structure. III. The effects of crowding and the insecticide stress on the competitive ability of *D.melanogaster* and *D. simulaus*. Egypt. J. Genet. Cytol., 13 : 25-39.

Masry, A.M., F. Borai and Amal M. Sharkas, 1987. The evolutionary changes of the population structure. IX. Genetic effects of Malathion on *Drosophila melanogaster*. Alex. J. Agric. Res., 32 : 247-257.

Masry, A.M., Galal, H.E., and Megeed M.S., 1984. The evolutionary changes of the population structure IV. Distribution and frequencies of chromosomal inversion polymorphism in Egyptian populations of *D. melanogaster*. Egypt .J. Genet.Cytol., 13 : 215-226.

Masry, A.M., S.G. Saad, F Borai and M. Mousa, 1986. The effects of some industrial waste effluents on mitotic activity and mitotic aberrations in the root-tip cells of *Allium cepa*. Alex. J. Agric. Res., 31 : 229-238.

Mitchell, R.1988. Introduction to environmental microbiology. Prentice Inc.,Englewood cliffs, New Jersey.

Peters, N.E. and J.E. Bonelli 1982. Chemical composition of bulk precipitation in the North central and Northeastern United States, December 1981 , Circular 874 U.S. Geological Survey , Washington , D.C.

Stevenson,F.J. .1982. Humus, Chemistry, Genesis, Composition, Reaction . Wiley Insttersci., New York. NY.

Turk,A., H. Turk and J. Wittes 1972. Ecology , pollution environment. Sound. Washington , DC. Amer. Chem.Soc.

Waters,M., S., Sandhu, S., Simmon, V., Nortelmas, K., Nitchell, A., Jorgenson, T., Jones, D.,Valencia, and N.,Garett, 1982. Study of pesticide genotoxicity, in genetic toxicology. An Agricultural perspective. R,Flex and A. Alleder, Eds. Plenum Press, N.Y.

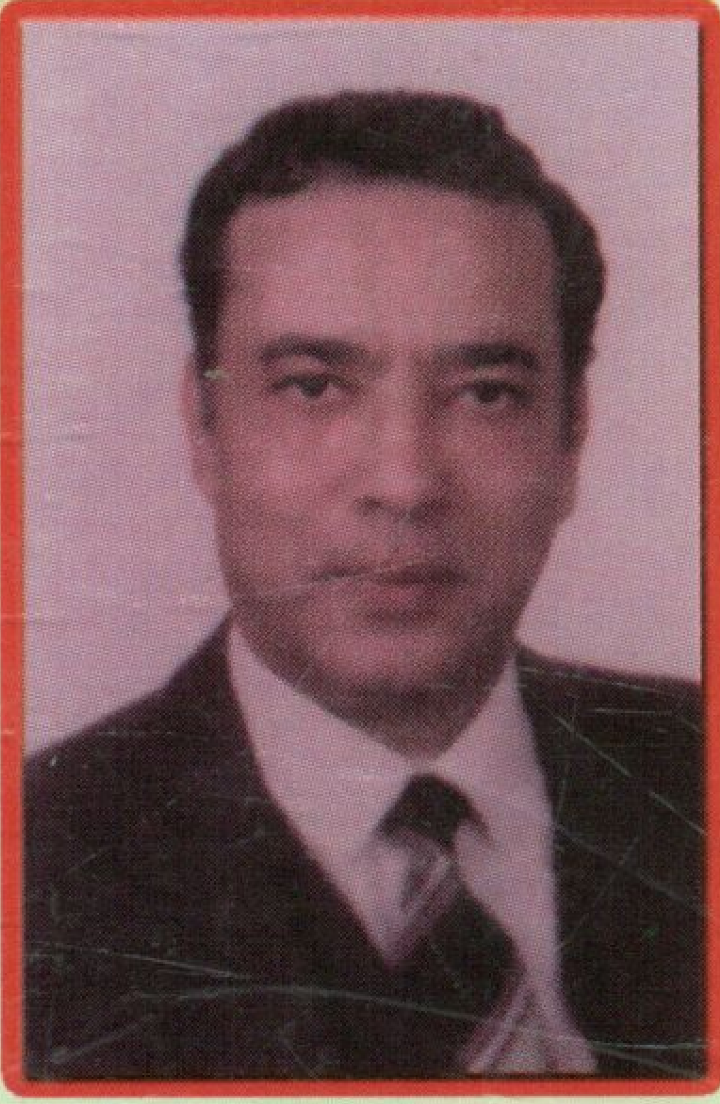
المؤلف فى سطور



- بكالوريس العلوم الزراعية (وراثة) بمرتبة الشرف- كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية .
- ماجستير فى العلوم الزراعية (وراثة)- كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية.
- دكتوراه فلسفة فى الوراثة جامعة أبردين- اسكتلندة - المملكة المتحدة .
- عين معيدا ثم مدرسا مساعدا بقسم الوراثة - كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية .
- عين مدرسا بقسم الوراثة عام ١٩٧٦ .
- عين أستاذا مساعدا عام ١٩٨١ .
- عين أستاذا للوراثة عام ١٩٨٦ .
- أشرف على العديد من طلبة الدراسات العليا لدرجتى الماجستير والدكتوراه فى الوراثة سواء بكليات الزراعة جامعة الإسكندرية أوالجامعات الأخرى .
- نشر العديد من الأبحاث العلمية فى وراثة العشائر والصفات الكمية والتأثيرات الوراثية الناشئة عن التلوث البيئى بالمخلفات الصناعية والمبيدات وغيرها .
- قام بالعمل كأستاذ للوراثة بكلية العلوم جامعة قاريونس – بنغازى - بالجماهيرية الليبية من عام ١٩٩١ إلى عام ١٩٩٤.
- عضو بالجمعية المصرية للعلوم الوراثية .
- إشترك فى العديد من المؤتمرات العلمية بجمهورية مصر العربية وإنجلترا وتركيا واليونان وأسبانيا .
- حاصل على جائزة جامعة الإسكندرية للتشجيع العلمى عام ١٩٨٤ .







المؤلف فى سطور

الأستاذ الدكتور

عادل محمد المصرى

- بكالوريس العلوم الزراعية (وراثة) بمرتبة الشرف- كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية .
- ماجستير فى العلوم الزراعية (وراثة)- كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية.
- دكتوراه فلسفة فى الوراثة جامعة أبردين- اسكتلندة - المملكة المتحدة .
- عين معيدا ثم مدرسا مساعدا بقسم الوراثة - كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية .
- عين مدرسا بقسم الوراثة عام ١٩٧٦ .
- عين أستاذا مساعدا عام ١٩٨١ .
- عين أستاذا للوراثة عام ١٩٨٦ .
- أشرف على العديد من طلبة الدراسات العليا لدرجتى الماجستير والدكتوراه فى الوراثة سواء بكليات الزراعة جامعة الإسكندرية أوالجامعات الأخرى .
- نشر العديد من الأبحاث العلمية فى وراثة العشائر والصفات الكمية والتأثيرات الوراثية الناشئة عن التلوث البيئى بالمخلفات الصناعية والمبيدات وغيرها .
- قام بالعمل كأستاذ للوراثة بكلية العلوم جامعة قاريونس – بنغازى - بالجماهيرية الليبية من عام ١٩٩١ إلى عام ١٩٩٤.
- عضو بالجمعية المصرية للعلوم الوراثية .
- إشترك فى العديد من المؤتمرات العلمية بجمهورية مصر العربية وإنجلترا وتركيا واليونان وأسبانيا .
- حاصل على جائزة جامعة الإسكندرية للتشجيع العلمى عام ١٩٨٤ .

